



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI AWAL KARAKTERISASI DAN PENGELOLAAN  
LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3)  
DI UNIVERSITAS INDONESIA  
(STUDI KASUS: BEBERAPA LABORATORIUM DI FT,  
FMIPA, FK, DAN FKG)**

**SKRIPSI**

**WIDYA LARASTIKA  
0706275826**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JUNI 2011**

i

**30/FT.TL.01/SKRIP/06/2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI AWAL KARAKTERISASI DAN PENGELOLAAN  
LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3)  
DI UNIVERSITAS INDONESIA  
(STUDI KASUS: BEBERAPA LABORATORIUM DI FT,  
FMIPA, FK, DAN FKG)**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Program Studi Teknik Lingkungan

**WIDYA LARASTIKA  
0706275826**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JUNI 2011**

ii

## PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Widya Larastika**

**NPM : 0706275826**

**Tanda Tangan :** 

**Tanggal : 15 Juni 201**

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Widya Larastika  
NPM : 0706275826  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi : Studi Awal Karakterisasi dan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Universitas Indonesia (Studi Kasus: Beberapa Laboratorium di FT, FMIPA, FK, dan FKG)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

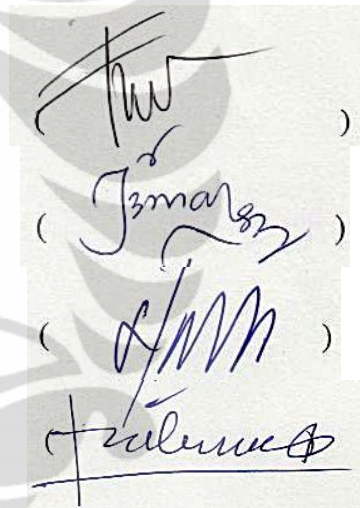
### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Firdaus Ali M.Sc.

Pembimbing : Ir. Irma Gusniani D. M.Sc.

Penguji : Dr. Ir. Djoko M. Hartono S.E., M.Eng.

Penguji : Dr. Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng.



(*Firdaus Ali*)  
(*Irma Gusniani*)  
(*Djoko M. Hartono*)  
(*Gabriel S.B. Andari*)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Dr. Ir. Firdaus Ali M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Ibu Ir. Irma Gusniani D. M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pemikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (3) Bapak Dr. Ir. Djoko M. Hartono S.E., M.Eng. selaku dosen penguji I yang telah memberikan masukan dan saran kepada saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (4) Ibu Dr. Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng. selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan saran kepada saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (5) Bapak dan Ibu di tiap fakultas yang telah membantu saya dalam memperoleh izin tempat penelitian dan mengarahkan saya dalam mendapatkan data seputar fakultas-fakultas di lingkungan Universitas Indonesia.
- (6) Mbak Licka Kamadewi, Sri Diah Handayani, dan Mbak Fitri yang telah membantu saya dalam memperoleh perizinan, data, dan informasi pengelolaan limbah B3 di Fakultas Teknik UI.
- (7) Ibu Rohati, Ibu Emma Hermawati, Ibu Ina, Ibu Utami Pravita Sari, S.Si, Ibu Krisnasari Dianpratami, S.Farm, Apt, dan Bapak Hedi yang telah membantu

saya dalam memperoleh perizinan, data, dan informasi pengelolaan limbah B3 di Fakultas Matematika dan IPA UI.

- (8) Ibu dr. Nuryati Chairani Siregar M.S., Ph.D., SpPA(K), Bapak Dr. drs. Heri Wibowo M. Biomed, dan para staf/dosen di laboratorium terkait yang telah membantu saya dalam memperoleh perizinan, data, dan informasi pengelolaan limbah B3 di Fakultas Kedokteran UI.
- (9) Ibu Asni Amalia, SE, Ibu drg. Santi Wirdiawati, Bapak Karyo, *Team Leader* PT ISS, dan Ketua Teknisi RSGM FKGUI yang telah membantu saya dalam memperoleh perizinan, data, dan informasi pengelolaan limbah B3 di Fakultas Kedokteran Gigi UI.
- (10) Bapak, ibu, adik, dan saudara-saudara saya yang telah memberikan doa, perhatian, dan kasih sayangnya serta bantuan biaya dalam penyusunan skripsi ini.
- (11) Rino Bagas Nugroho, Vini Widyaningsih, Agnes Elita Anne, Gita Lestari, Engga Rahmawati, Siti Fatmawati, Juniarto, dan semua teman-teman yang telah memberikan bantuan/dukungan semangat dan doa untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 15 Juni 2011



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widya Larastika  
NPM : 0706275826  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**STUDI AWAL KARAKTERISASI DAN PENGELOLAAN LIMBAH  
BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3) DI UNIVERSITAS  
INDONESIA (STUDI KASUS: BEBERAPA LABORATORIUM DI FT,  
FMIPA, FK, DAN FKG)**


Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 15 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Widya Larastika)

## ABSTRAK

Nama : Widya Larastika  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Studi Awal Karakterisasi dan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Universitas Indonesia (Studi Kasus: Beberapa Laboratorium di FT, FMIPA, FK, dan FKG)

Aktivitas di laboratorium atau rumah sakit pendidikan di Universitas Indonesia, pasti akan menghasilkan limbah bahan berbahaya Dan beracun (B3) yang apabila dibuang ke dalam media lingkungan dapat mengancam lingkungan, kesehatan, dan kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Sampai saat ini, Universitas Indonesia belum memiliki sistem pengelolaan limbah B3 secara terpadu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sumber dan karakteristik limbah B3 di beberapa laboratorium di Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan IPA, Fakultas Kedokteran, dan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia, serta sistem pengelolaan limbah B3 yang dapat diterapkan di lingkungan Universitas Indonesia.

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif dengan tujuan utama untuk membuat gambaran atau deskriptif tentang karakteristik dan sistem pengelolaan limbah B3 di Universitas Indonesia. Analisa data diolah dengan teknik kualitatif dan wawancara untuk menggambarkan secara rinci karakteristik limbah B3 yang dihasilkan dan merekomendasikan sistem pengelolaan limbah B3 berdasarkan sistem pengelolaan eksisting yang telah diterapkan pada beberapa laboratorium di FT, FMIPA, FK, dan FKG di Universitas Indonesia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan beberapa laboratorium di FT, FMIPA, FK, dan FKG Universitas Indonesia berasal dari limbah laboratorium dan limbah medis. Karakteristik limbah B3 meliputi limbah laboratorium (*flammable, harmful, korosif, toksik, eksplosif, oxidizing, karsinogenik, dangerous for the environment*, limbah organik, dan bahan kadaluarsa) dan limbah medis (limbah benda tajam, limbah lain yang terkontaminasi, limbah patologis, limbah cairan tubuh manusia/darah/produk darah, limbah kandang binatang/binatang yang dimatikan/alas tidur binatang dan kotorannya, dan limbah farmasi). Rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 yang dapat diterapkan di Universitas Indonesia meliputi pengumpulan, penyimpanan sementara, dan pengolahan.

Berdasarkan hasil penelitian maka setiap laboratorium atau rumah sakit pendidikan di Universitas Indonesia disarankan harus melakukan upaya minimisasi limbah B3, melakukan manajemen pengelolaan limbah B3 secara konsisten dan pengawasan secara rutin, dan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai sistem pengelolaan limbah B3 di Universitas Indonesia.

Kata kunci:

Limbah B3, karakterisasi limbah B3, pengelolaan limbah B3, limbah medis



## ABSTRACT

Name : Widya Larastika  
Study Program : Environmental Engineering  
Title : Preliminary Study of Characterization and Management of Hazardous Waste at University of Indonesia (Case Study: Several Laboratories in the Faculty of Engineering, Faculty of Mathematics and Science, Faculty of Medicine, and Faculty of Dentistry)

Activities in the laboratory or teaching hospital at the University of Indonesia, will inevitably produce waste. One of which is hazardous waste, when thrown into the environmental media can threaten the environment, health, and survival humans and other living creatures. Today the University of Indonesia does not have hazardous waste management system.

The aim of research was to determine the sources and the characteristics of the hazardous waste in several laboratories in the Faculty of Engineering, Faculty of Mathematics and Science, Faculty of Medicine, and Faculty of Dentistry, University of Indonesia, and hazardous waste management system that can be applied at the University of Indonesia.

This research was a qualitative research with the objective of making the description about characteristics and hazardous waste management system at the University of Indonesia. Data analysis was taken by qualitative techniques and interviews to describe in detail the hazardous waste characteristics and recommend the hazardous waste management system based on the existing hazardous waste management system that has been applied in several laboratories in the FT, FMIPA, FK, and FKG at the University of Indonesia.

Result of the study showed that the waste was produced several laboratories in the FT, FMIPA, FK, and FKG University of Indonesia comes from laboratory waste and medical waste. Characteristics of hazardous waste consist of laboratory waste (flammable, harmful, corrosive, toxic, explosive, oxidizing, carcinogenic, dangerous for the environment, organic waste, and expired material) and medical waste (sharps, other contaminated waste, pathological waste, waste human body fluids/blood/blood products, waste animal enclosures/disabled animals/animal bedding and manure, and waste pharmaceuticals). Recommendation of hazardous waste management proposed consist of collection, temporary storage, and treatment.

Based on research results, any laboratory or teaching hospital at the University of Indonesia to expected to have hazardous waste minimization efforts, do the hazardous waste management in a consistent and routine monitoring, and conduct further research on the hazardous waste management systems at the University of Indonesia.

Key words:

Hazardous waste, characterization of hazardous waste, management of hazardous waste, medical waste

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Uraian Umum .....	8
2.2 Peraturan Perundang-Undangan yang Berlaku .....	8
2.3 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.....	10
2.3.1 Definisi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.....	10
2.3.2 Identifikasi Limbah B3.....	11
2.4 Limbah Laboratorium .....	26
2.5 Limbah B3 Rumah Sakit.....	28
2.5.1 Jenis Limbah Rumah Sakit .....	28
2.5.2 Pencegahan Pengolahan Limbah pada Pelayanan Kesehatan.....	31
2.6 Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.....	41
2.6.1 Reduksi Limbah B3.....	43

2.6.2	Pengemasan Limbah B3 .....	43
2.6.3	Penyimpanan Limbah B3 .....	47
2.6.4	Pengumpulan Limbah B3 .....	48
2.6.5	Pengangkutan Limbah B3 .....	49
2.6.6	Pemanfaatan Limbah B3 .....	50
2.6.7	Pengolahan Limbah B3 .....	51
2.6.7.1	Cara Termal (Insinerasi) .....	54
2.6.7.2	Cara Stabilisasi dan Solidifikasi .....	55
2.6.7.3	Cara Fisika atau Kimia .....	56
2.6.7.4	Netralisasi .....	57
2.6.7.5	Pengendapan .....	57
2.6.7.6	Koagulasi/Flokulasi .....	58
2.6.7.7	Adsorpsi dengan Karbon Aktif .....	58
2.6.7.8	Oksidasi-Reduksi .....	58
2.6.7.9	Pertukaran Ion .....	60
2.6.8	Penimbunan Limbah B3 .....	60
2.6.9	Pembuangan Bahan Kimia Khusus .....	62
2.7	Dampak Limbah B3 .....	64
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>68</b>
3.1	Pendekatan Penelitian .....	68
3.2	Lokasi Penelitian .....	68
3.2.1	Fakultas Teknik .....	70
3.2.2	Fakultas Matematika dan IPA .....	70
3.2.3	Fakultas Kedokteran .....	70
3.2.4	Fakultas Kedokteran Gigi dan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan .....	71
3.3	Waktu Penelitian .....	71
3.4	Variabel Penelitian .....	72
3.5	Populasi dan Sampel Penelitian .....	73
3.6	Kerangka Berpikir Penelitian .....	73
3.7	Data dan Analisa Data .....	74
3.7.1	Pengumpulan Data .....	74

3.7.2	Analisis Data.....	78
<b>BAB 4</b>	<b>GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN.....</b>	<b>79</b>
4.1	Universitas Indonesia.....	79
4.2	Fakultas Teknik.....	81
4.2.1	Departemen Teknik Sipil.....	81
4.2.2	Departemen Teknik Kimia.....	84
4.3	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.....	85
4.3.1	Departemen Kimia.....	85
4.3.2	Departemen Farmasi.....	86
4.4	Fakultas Kedokteran.....	87
4.4.1	Departemen Parasitologi.....	88
4.4.2	Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler.....	89
4.4.3	Departemen Patologi Anatomi.....	90
4.4.4	Departemen Kimia Kedokteran.....	92
4.4.5	Departemen Biologi Kedokteran.....	93
4.4.6	Departemen Histologi.....	93
4.5	Fakultas Kedokteran Gigi – Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan.....	94
<b>BAB 5</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>97</b>
5.1	Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah B3 Eksisting.....	97
5.1.1	Fakultas Teknik.....	99
5.1.1.1	Departemen Teknik Sipil.....	99
5.1.1.2	Departemen Teknik Kimia.....	105
5.1.2	Fakultas Matematika dan IPA.....	108
5.1.2.1	Departemen Kimia.....	108
5.1.2.2	Departemen Farmasi.....	116
5.1.3	Fakultas Kedokteran.....	123
5.1.3.1	Departemen Parasitologi.....	124
5.1.3.2	Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler.....	132
5.1.3.3	Departemen Patologi Anatomi.....	134
5.1.3.4	Departemen Kimia Kedokteran.....	144
5.1.3.5	Departemen Biologi Kedokteran.....	147

5.1.3.6	Departemen Histologi.....	150
5.1.4	Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan – Fakultas Kedokteran Gigi.....	151
5.2	Hasil Karakterisasi Limbah B3 .....	159
5.2.1	Fakultas Teknik.....	159
5.2.2	Fakultas Matematika dan IPA.....	161
5.2.3	Fakultas Kedokteran.....	164
5.2.4	Fakultas Kedokteran Gigi dan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan (RSGMP) UI .....	167
<b>BAB 6</b>	<b>REKOMENDASI PENGELOLAAN LIMBAH B3.....</b>	<b>170</b>
6.1	Pengumpulan Limbah B3.....	171
6.1.1	Limbah Laboratorium.....	171
6.1.2	Limbah Medis atau Limbah Infeksius.....	173
6.2	Rekomendasi Penyimpanan Sementara Limbah B3.....	174
6.3	Rekomendasi Pengolahan Limbah B3 .....	177
<b>BAB 7</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>182</b>
7.1	Kesimpulan.....	182
7.2	Saran .....	183
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Alir Penentuan Limbah B3 atau Bukan.....	12
Gambar 2.2	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Pengoksidasi ( <i>Oxidizing</i> ) .....	13
Gambar 2.3	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Mudah Meledak ( <i>Explosive</i> ) .....	15
Gambar 2.4	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Mudah Menyala ( <i>Flammable</i> ).....	16
Gambar 2.5	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Beracun ( <i>Toxic</i> ) .....	20
Gambar 2.6	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Korosif ( <i>Corrosive</i> ) .....	21
Gambar 2.7	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Berbahaya ( <i>Harmful</i> ).....	23
Gambar 2.8	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Iritasi ( <i>Irritant</i> ) .....	23
Gambar 2.9	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Berbahaya bagi Lingkungan ( <i>Dangerous For Environment</i> ) .....	24
Gambar 2.10	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Karsinogenik, Teratogenik dan Mutagenik .....	25
Gambar 2.11	Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Gas Bertekanan .....	25
Gambar 2.12	Bagan Alir Sistem Pengelolaan Limbah B3.....	43
Gambar 2.13	Bentuk Dasar Simbol.....	44
Gambar 2.14	Label B3 .....	45
Gambar 2.15	Contoh Pemasangan Simbol dan Label .....	47
Gambar 2.16	Diagram Alternatif Proses Teknologi Pengolahan Limbah B3.....	53
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian di Universitas Indonesia, Depok.....	69
Gambar 3.2	Lokasi Penelitian di Universitas Indonesia, Salemba.....	69
Gambar 3.3	Kerangka Berpikir Perencanaan Pengelolaan Limbah B3 .....	74
Gambar 4.1	Ruang Instrumentasi .....	86
Gambar 4.2	Ruang Preparasi.....	87
Gambar 5.1	Wadah Limbah Cair dari Praktikum Kimia Lingkungan dan Laboratorium Lingkungan .....	102
Gambar 5.2	Wadah Limbah Cair dari Praktikum Mikrobiologi Lingkungan.	102
Gambar 5.3	Pengelolaan Limbah pada Media Agar dari Praktikum Mikrobiologi Lingkungan .....	103
Gambar 5.4	Penyimpanan Bahan Kimia Kadaluaarsa.....	103

Gambar 5.5	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Teknik Sipil UI.....	104
Gambar 5.6	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Teknik Kimia FTUI .....	107
Gambar 5.7	Wadah limbah cair Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik.....	113
Gambar 5.8	Wadah Limbah Cair Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia .....	114
Gambar 5.9	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Kimia FMIPA UI.....	115
Gambar 5.10	Tabung Heparin .....	118
Gambar 5.11	Wadah Jerigen Penampungan Limbah Kimia Cair di Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) .....	120
Gambar 5.12	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Farmasi UI.....	122
Gambar 5.13	Wadah Limbah Benda Tajam Selain Jarum (Kaca Preparat) di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI.....	126
Gambar 5.14	Wadah Limbah Benda Tajam Jarum di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI .....	127
Gambar 5.15	Wadah Limbah Stik Kayu/Tusuk Kayu di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI .....	128
Gambar 5.16	Wadah Limbah Sarung Tangan dan Masker di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI.....	128
Gambar 5.17	Wadah Limbah Sampel di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI.....	129
Gambar 5.18	Wastafel Tempat Pembuangan Limbah Kimia Cair di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI.....	129
Gambar 5.19	Wadah Limbah Keseluruhan di Departemen Parasitologi FKUI .....	130
Gambar 5.20	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Parasitologi FKUI.....	131

Gambar 5.21	Wastafel untuk Pembuangan Limbah Etidium Bromida di Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI .....	132
Gambar 5.22	Wadah Penampungan Etidium Bromida di Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI .....	133
Gambar 5.23	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI .....	133
Gambar 5.24	Wadah Kardus untuk Limbah Jarum di Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	138
Gambar 5.25	Perendaman Limbah Kaca Preparat dalam Bayclin di Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	139
Gambar 5.26	Pewadahan Limbah Jaringan yang Diawetkan dengan Formalin di Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	140
Gambar 5.27	Penyimpanan Limbah Jaringan yang Siap Diserahkan ke Petugas Khusus Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	140
Gambar 5.28	Pengumpulan Limbah Jaringan yang Siap Diangkut ke RSCM .	140
Gambar 5.29	Penyimpanan Limbah Botol Bekas di Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	141
Gambar 5.30	Wastafel untuk Pembuangan Limbah Kimia Cair di Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	141
Gambar 5.31	Wadah limbah sarung tangan dan masker di Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	142
Gambar 5.32	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	143
Gambar 5.33	Gudang Besar Bahan Kimia Kadaluarsa di Departemen Kimia Kedokteran .....	145
Gambar 5.34	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Kimia Kedokteran FKUI .....	146
Gambar 5.35	<i>Autoclave</i> di Departemen Biologi Kedokteran .....	148
Gambar 5.36	Wastafel untuk Pembuangan Limbah Hasil <i>Autoclave</i> atau Desinfeksi .....	148
Gambar 5.37	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Biologi Kedokteran FKUI .....	149



Gambar 5.38	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Histologi FKUI.....	151
Gambar 5.39	Tempat Sampah Medis di RSGMP – FKGUI.....	155
Gambar 5.40	Mesin Penghancur Jarum Suntik ( <i>Needle Destroyer</i> ) di RSGMP - FKGUI.....	156
Gambar 5.41	Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Histologi FKUI.....	158
Gambar 6.1	Usulan Pewadahan Jarum Suntik.....	174
Gambar 6.2	<i>Surface Impoundments</i> .....	177
Gambar 6.3	Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Padat B3 Medis di Universitas Indonesia.....	180
Gambar 6.4	Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Laboratorium.....	181

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Contoh Bahan Pengoksidasi .....	18
Tabel 2.2	Jenis Limbah Medis yang Merupakan Limbah Infeksius dan Rekomendasi Metode Pembuangan atau Pengolahan Berdasarkan CDC ( <i>Centers for Disease Control</i> ) dan EPA .....	39
Tabel 2.3	Metode Utama pada Pembuangan Limbah: Perbandingan antara Keuntungan dan Kerugian.....	40
Tabel 2.4	Informasi pada Label .....	46
Tabel 2.5	Daftar Bahan Oksidator dan Reduktor untuk Mengolah Limbah .	59
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian .....	72
Tabel 3.2	Data dan Metode Pengumpulan Data .....	77
Tabel 4.1	Modul Praktikum di Laboratorium Teknik Lingkungan .....	83
Tabel 5.1	Limbah yang Dihasilkan dan Kuantitas Limbah dari Laboratorium.....	101
Tabel 5.2	Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik Departemen Kimia FMIPA UI.....	112
Tabel 5.3	Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia Departemen Kimia FMIPA UI.....	113
Tabel 5.4	Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia Analisis dan Kimia Fisik Departemen Kimia FMIPA UI.....	114
Tabel 5.5	Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah dari Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) Departemen Farmasi FMIPA (2010) .....	121
Tabel 5.6	Limbah yang Dihasilkan dan Kuantitas Limbah dari Tiap Laboratorium di Departemen Parasitologi FKUI .....	125
Tabel 5.7	Limbah yang Dihasilkan dan Kuantitas Limbah dari Tiap Laboratorium di Departemen Patologi Anatomi FKUI .....	136
Tabel 5.8	Limbah yang Dihasilkan RSGMP FKG UI di Tiap Klinik.....	153

Tabel 5.9	Hasil karakterisasi limbah B3 di Fakultas Kedokteran UI.....	166
Tabel 5.10	Hasil Karakterisasi Limbah B3 di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan Fakultas Kedokteran Gigi UI.....	168



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Peta Masterplan 2008 Universitas Indonesia .....	198
Lampiran 2	: Identifikasi Limbah dari Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan.....	199
Lampiran 3	: Daftar Bahan Kimia Kadaluarsa Bentuk Padat di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan .....	201
Lampiran 4	: Bahan Kimia Kadaluarsa Bentuk Cair di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan .....	208
Lampiran 5	: Modul Praktikum dan Bahan Kimia yang Berpotensi menjadi Limbah di Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik .....	210
Lampiran 6	: Modul Praktikum dan Bahan Kimia yang Berpotensi menjadi Limbah di Laboratorium Kimia Analisis Dan Kimia Fisik .....	219
Lampiran 7	: Peta Timbulan Limbah B3 di Universitas Indonesia, Depok ..	222
Lampiran 8	: Peta Timbulan Limbah B3 di Universitas Indonesia, Salemba	223
Lampiran 9	: Denah Tampak Atas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia .....	224
Lampiran 10	: Denah Tampak Atas Departemen Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia .....	225
Lampiran 11	: Denah Tampak Atas Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia .....	226
Lampiran 12	: Denah Tampak Atas Departemen Patologi Anatomik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia .....	228
Lampiran 13	: Denah Tampak Atas Departemen Kimia Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia .....	229
Lampiran 14	: Denah Tampak Atas Departemen Biologi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia .....	230

Lampiran 15	: Denah Tampak Atas Departemen Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia .....	232
Lampiran 16	: Denah dan Detail Sumur Penampungan Limbah Cair Fakultas Kedokteran Gigi – Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan .....	234
Lampiran 17	: Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Teknik Sipil .....	235
Lampiran 18	: Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Teknik Kimia .....	236
Lampiran 19	: Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Kimia .....	237
Lampiran 20	: Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Farmasi .....	238
Lampiran 21	: Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Parasitologi .....	239
Lampiran 22	: Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Kimia Kedokteran .....	240
Lampiran 231	: Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Biologi Kedokteran .....	241

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Segala bentuk aktivitas manusia tidak dapat lepas dari limbah, dimana diantaranya mungkin berpotensi sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang apabila dibuang ke dalam media lingkungan dapat mengancam lingkungan, kesehatan, dan kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Penggunaan bahan berbahaya dan beracun sering tidak dapat dihindarkan dalam berbagai aktifitas pendidikan dan penelitian di suatu lingkungan kampus seperti di Universitas Indonesia ini. Beberapa unit aktifitas di lingkungan kampus UI memproduksi bahan yang umumnya adalah bahan berbahaya dan beracun dan tidak boleh dibuang langsung ke sistem drainase. Sebagai contoh, bahan berbahaya dan beracun diantaranya dapat berasal dari kegiatan di laboratorium. Umumnya limbah B3 yang dihasilkan dikelola berdasarkan standar pengelolaan yang ditetapkan menghasilkan. Sebagai contoh *the University Environmental, Health, and Safety (EH&S) Department*, sebagai pengelola limbah B3 yang berasal dari berbagai laboratorium, umumnya mengklasifikasikan bahan berbahaya dan beracunnya sebelum kemudian diserahkan kepada pihak yang bertanggung jawab menanganinya (University of Texas at El Paso, 2009).

*Southern Methodist University* juga merupakan salah satu penghasil limbah B3 yang umumnya berupa limbah laboratorium, limbah seni dan fotografi, limbah medis, dan limbah rumah tangga. Dalam rangka pembuangan limbah B3 tersebut, universitas ini telah mengupayakan pengelolaan terlebih dahulu, yang meliputi identifikasi dan karakterisasi limbah, penanganan, penyimpanan, dan pembuangan limbah B3 (Liner, 2008).

Herbert O. House, ketua *National Research Council (NRC)*, menyatakan bahwa perlu adanya perhatian terhadap bahan berbahaya dan beracun, terutama dari bahan kimia yang dihasilkan dari laboratorium penelitian (McKusick, 1981).

Oleh karena itu, NRC merekomendasikan adanya penanganan dan pembuangan khusus yang aman untuk bahan kimia berbahaya dan beracun dari laboratorium.

Philip Handler, kepala *National Academy of Sciences* mengemukakan bahwa penanganan bahan kimia di laboratorium kurang begitu diperhatikan karena jumlahnya yang sangat kecil, penggunaannya tidak secara berkala, dan resiko bahaya yang ditimbulkan sering dianggap terlalu kecil. Namun, jika prosedur yang dilakukan tidak sesuai, tidak menutup kemungkinan akan terjadinya resiko yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, perlu adanya penanganan khusus dalam mengelola bahan berbahaya dan beracun di tiap laboratorium (McKusick, 1981).

Sama halnya di laboratorium, bahan berbahaya dan beracun di rumah sakit juga perlu mendapat perhatian khusus karena potensi limbah B3 dari rumah sakit sangat besar. *US Environmental Protection Agency* (EPA) mengestimasi laju timbulan limbah B3 dari rumah sakit dapat mencapai 7 kg/bed/hari. Komponen utama limbah medis rumah sakit ini antara lain limbah infeksius, limbah patologis, limbah radioaktif, limbah berbahaya, limbah bahan kimia, limbah anatomi, dan limbah lainnya (Li & Jenq, 1993).

Universitas Indonesia merupakan salah satu perguruan tinggi terbaik di Indonesia yang mengembangkan aktifitas pendidikan dan penelitian untuk menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berkembang. Dengan adanya pengembangan di bidang penelitian ini, maka terdapat kecenderungan meningkat penggunaan bahan kimia, khususnya bahan berbahaya dan beracun.

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, yang dimaksud dengan B3 adalah semua bahan/senyawa baik padat, cair, ataupun gas yang mempunyai potensi merusak kesehatan manusia serta lingkungan akibat sifat-sifat yang dimiliki senyawa tersebut. Limbah B3 yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Mengingat resiko tersebut, setiap kegiatan perlu melakukan upaya pengelolaan limbah B3 guna meminimalisasi limbah B3 yang dihasilkan.

Berbagai peraturan perundang-undangan telah mengatur tentang pengelolaan lingkungan hidup, khususnya pengelolaan bahan berbahaya dan beracun. Berdasarkan Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 jo. Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, setiap kegiatan perlu diupayakan untuk melakukan pengelolaan terhadap limbah yang dikeluarkannya, terutama dalam hal ini adalah limbah B3. Sampai saat ini, Universitas Indonesia pada umumnya dan fakultas-fakultas di Universitas Indonesia pada khususnya belum menerapkan upaya pengelolaan limbah B3.

Dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi melalui penelitian, Universitas Indonesia beserta fakultas-fakultas di dalamnya mendirikan laboratorium dan rumah sakit sebagai penunjang aktifitas pembelajaran dan penelitian. Di laboratorium atau rumah sakit pendidikan, mahasiswa ataupun para pengguna laboratorium atau rumah sakit pendidikan melakukan kegiatan tertentu yang menunjang pembelajaran dan penelitiannya. Dari kegiatan ini, laboratorium dan rumah sakit pendidikan akan menghasilkan limbah, baik limbah padat maupun limbah cair, yang berasal dari hasil cucian peralatan, hasil atau sisa reaksi bahan kimia, bahan sekali pakai, atau bahan berbahaya dan beracun yang telah digunakan saat kegiatan berlangsung. Penggunaan bahan berbahaya dan beracun untuk kegiatan laboratorium dan rumah sakit pendidikan tidak dapat dihindari. Hal ini dapat terlihat di laboratorium beberapa fakultas, seperti Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan IPA, Fakultas Kedokteran, dan Fakultas Kedokteran Gigi.

Limbah yang dihasilkan dari laboratorium dan rumah sakit pendidikan umumnya memiliki kadar pencemar yang tinggi dan banyak mengandung bahan berbahaya dan beracun. Apabila tidak diolah dengan baik, limbah tersebut akan menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitarnya, khususnya Universitas Indonesia, dan memberikan dampak kesehatan yang buruk pada kesehatan manusia, khususnya para sivitas akademika Universitas Indonesia. Pengolahan limbah ini hendaknya dilakukan sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan



guna meminimalisir kandungan zat berbahaya yang terkandung di dalamnya dan berada di bawah baku mutu lingkungan hidup.

Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun telah diatur dalam Peraturan Pemerintah. Peraturan tersebut menjabarkan karakteristik limbah bahan berbahaya dan beracun dan aturan pengelolannya. Pengelolaan limbah B3 yang diatur dalam peraturan ini mencakup kegiatan penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut.

Karena tidak adanya pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun di Universitas Indonesia, maka diperlukan adanya penelitian mengenai hal ini. Langkah pertama yang dilakukan dalam pengelolaan limbah B3 adalah mengidentifikasi limbah dari penghasil tersebut apakah termasuk limbah B3 atau tidak. Mengidentifikasi limbah ini akan memudahkan pihak penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah, atau penimbun dalam mengenali limbah B3 tersebut sedini mungkin. Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan adalah identifikasi timbulan limbah bahan berbahaya dan beracun di laboratorium yang ada di beberapa Fakultas di Universitas Indonesia.

Sebagai langkah awal studi ini akan dilaksanakan identifikasi dan karakterisasi limbah B3 pada tahap penghasil limbah B3, dalam hal ini timbulan limbah padat dan limbah cair B3, di Universitas Indonesia guna memudahkan pihak penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah, atau penimbun dalam mengenali limbah B3 tersebut sedini mungkin, sehingga hasilnya diharapkan menjadi bahan awal dalam perencanaan pengelolaan limbah B3 di Universitas Indonesia.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ada di atas, untuk dapat mengelola limbah B3 yang ada di lingkungan kampus UI secara baik sesuai dengan standar prosedur operasi pengelolaan limbah B3, untuk tahap awal ini perlu diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

- Apakah sumber limbah bahan berbahaya dan beracun pada 4 fakultas di lingkungan Universitas Indonesia.
- Bagaimanakah karakteristik limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) pada 4 fakultas di lingkungan Universitas Indonesia.
- Bagaimanakah sistem pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dapat diterapkan di lingkungan Universitas Indonesia.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui sumber limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) pada 4 fakultas di lingkungan Universitas Indonesia.
- Mengetahui karakteristik limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) pada 4 fakultas di lingkungan Universitas Indonesia.
- Mengetahui sistem pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dapat diterapkan di lingkungan Universitas Indonesia.

### **1.4 Batasan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, maka untuk memudahkan dalam pelaksanaan skripsi ini digunakan batasan masalah sebagai berikut:

- Penelitian ini dilakukan di beberapa fakultas di Universitas Indonesia yang berpotensi menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), yaitu Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan IPA, Fakultas Kedokteran, dan Fakultas Kedokteran Gigi.
- Objek penelitian adalah rumah sakit pendidikan di Fakultas Kedokteran Gigi dan laboratorium yang ada di 4 fakultas di Universitas Indonesia yang berpotensi menghasilkan limbah B3, yaitu Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan IPA, Fakultas Kedokteran, dan Fakultas Kedokteran Gigi.
- Lingkup penelitian hanya meliputi identifikasi dan karakterisasi sifat guna mengetahui karakteristik timbulan limbah B3, baik limbah padat dan cair

pada 4 fakultas di Universitas Indonesia. Limbah padat dan limbah cair yang akan diteliti meliputi bahan kimia yang kadaluarsa, bahan kimia hasil kegiatan, dan bahan B3 lain, seperti bahan medis dari hasil kegiatan.

- Upaya yang dilakukan dalam rangka penanganan permasalahan limbah bahan berbahaya dan beracun adalah merekomendasikan sistem pengelolaan limbah B3 di Universitas Indonesia yang hanya sampai pada tahapan kegiatan penyimpanan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak. Adapun manfaat yang akan didapatkan dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- Bagi Universitas Indonesia
  - a. Memberikan informasi tentang karakteristik timbulan limbah B3 dari 4 fakultas di lingkungan Universitas Indonesia; dan
  - b. Memberikan masukan tentang sistem pengelolaan limbah B3 yang dapat diterapkan di lingkungan Universitas Indonesia.
- Bagi masyarakat dan pemerintah daerah setempat adalah memberikan informasi tentang karakteristik timbulan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari salah satu lokasi di bidang pendidikan di pemerintah daerah setempat.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi definisi umum limbah B3, peraturan perundang-undangan yang terkait, limbah laboratorium, limbah rumah sakit, sistem pengelolaan limbah B3, dan dampak limbah B3.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini menguraikan metode penelitian yang dilakukan, meliputi pendekatan penelitian, lokasi penelitian, waktu penelitian, variabel penelitian, populasi dan sampel penelitian, kerangka berpikir penelitian, data dan analisa data, dan metode analisis data.

### **BAB 4 GAMBARAN UMUM**

Bab ini berisi tentang Universitas Indonesia, Fakultas Teknik, Teknultas Matematika dan IPA, Fakultas Kedokteran, dan Fakultas Kedokteran Gigi secara umum.

### **BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menguraikan hasil penelitian dan hasil karakterisasi limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di Universitas Indonesia.

### **BAB 6 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang rekomendasi pengelolaan yang meliputi rekomendasi pengumpulan, penyimpanan sementara, dan pengolahan limbah B3 di Universitas Indonesia. Pengolahan limbah B3 yang diusulkan dibatasi hanya untuk limbah B3 infeksius dan limbah korosif yang mengandung asam atau basa.

### **BAB 7 PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai karakterisasi dan pengelolaan limbah B3 di Universitas Indonesia, yang terdiri dari pengumpulan, penyimpanan, dan pengolahan limbah B3.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Uraian Umum**

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup dan atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Limbah B3 dengan karakteristik tertentu yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Untuk menghilangkan atau mengurangi resiko yang dapat ditimbulkan dari limbah B3 yang dihasilkan maka limbah B3 yang telah dihasilkan perlu dikelola secara khusus. Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Langkah awal yang baik untuk dilakukan dalam pengelolaan limbah B3 adalah indentifikasi dan karakterisasi limbah B3. Dengan pengelolaan limbah tersebut, maka rantai siklus perjalanan limbah B3 sejak dihasilkan oleh penghasil limbah B3 sampai penimbunan akhir oleh pengolah limbah B3 dapat diawasi.

#### **2.2 Peraturan Perundang-Undangan yang Berlaku**

Peraturan perundang-undangan yang terkait limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah sebagai berikut:

- Bab VII Tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun serta Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dalam Undang-Undang No.32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup;

- Peraturan Pemerintah No.19 Tahun 1994 jo. Peraturan Pemerintah No.12 Tahun 1995 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;
- Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 jo. Peraturan Pemerintah No.85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;
- KepmenLH No.111 Tahun 2003 Tentang Pedoman mengenai Syarat dan Tata Cara Perizinan serta Pedoman Kajian Pembuangan Air Limbah ke Air atau Sumber Air;
- Surat Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. Kep-03/BAPEDAL/09/1995 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya Dan Beracun;
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.18 Tahun 2009 Tentang Tata Cara Perizinan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;
- Peraturan Pemerintah No.74 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun;
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor KEP-01/BAPEDAL/09/1995 Tentang Tata Cara dan Teknis Persyaratan Pengumpulan Limbah B3;
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor: Kep-02/BAPEDAL/09/1995 Tentang Dokumen Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor: Kep-03/BAPEDAL/09/1995 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor KEP-04/BAPEDAL.09/1995 Tentang Tata Cara Persyaratan Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan dan Lokasi Penimbunan Limbah B3; dan
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor KEP-05/BAPEDAL/09/1995 Tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

## 2.3 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

### 2.3.1 Definisi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

Secara umum yang disebut limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan dan sebagainya. Bentuk limbah tersebut dapat berupa gas dan debu, cair atau padat. Di antara berbagai jenis limbah ini ada yang bersifat beracun atau berbahaya dan dikenal sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).

Menurut PP No. 18 tahun 1999, yang dimaksud dengan limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup dan atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Limbah bahan berbahaya dan beracun ini antara lain adalah bahan baku yang bersifat berbahaya dan beracun yang tidak digunakan karena rusak/kadaluarsa, sisa bahan/kemasan, tumpahan, sisa proses, oli bekas, oli kotor, limbah dari kegiatan pembersihan kapal dan tangki yang memerlukan penanganan dan pengolahan khusus. Tidak termasuk bagi limbah cair yang bersifat B3 tetapi dapat diawasi oleh peraturan pemerintah tentang pengendalian pencemaran air serta limbah debu dan gas yang bersifat limbah B3 tetapi dapat diawasi oleh peraturan pemerintah tentang pengendalian pencemaran udara.

Merujuk pada Peraturan Pemerintah No.12 Tahun 1995, sumber penghasil limbah B3 didefinisikan sebagai setiap orang atau badan usaha yang menghasilkan limbah B3 dan menyimpannya untuk sementara waktu di dalam lokasi atau area kegiatan sebelum limbah B3 tersebut diserahkan kepada pihak yang bertanggung jawab untuk dikumpulkan dan diolah. Selain itu, sumber penghasil limbah B3 lainnya yang cukup beragam diantaranya berasal dari rumah sakit, PLTN, laboratorium pengujian dan penelitian.

### 2.3.2 Identifikasi Limbah B3

Dalam pengelolaan limbah B3, langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi apakah limbah yang dihasilkan termasuk limbah B3 atau tidak. Mengidentifikasi limbah ini bertujuan untuk memudahkan pihak penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah, atau penimbun dalam mengenali limbah B3. Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 jo. PP No.85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, tahapan identifikasi limbah B3 adalah sebagai berikut:

- Mencocokkan jenis limbah dengan daftar limbah B3 (lampiran 1 PP 85/1999). Bahan yang termasuk dalam daftar ini diidentifikasi sebagai limbah B3;
- Pemeriksaan karakteristik, meliputi sifat korosif, reaktif, mudah terbakar/meledak, beracun, dan menyebabkan infeksi; dan/atau
- Uji toksikologi.

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 jo. PP No.85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah dapat diidentifikasi menurut sumber dan karakteristiknya. Limbah B3 berdasarkan sumbernya dibagi menjadi 3, yaitu:

- Limbah B3 dari sumber tidak spesifik  
Limbah B3 dari sumber tidak spesifik adalah limbah B3 yang pada umumnya berasal bukan dari proses utamanya, tetapi berasal dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, pencegahan korosi (inhibitor korosi), pelarutan kerak, pengemasan, dan lain-lain.
- Limbah B3 dari sumber spesifik  
Limbah B3 dari sumber spesifik adalah limbah B3 sisa proses suatu industri atau kegiatan yang secara spesifik dapat ditentukan berdasarkan kajian ilmiah.
- Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi  
Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi, karena tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, maka

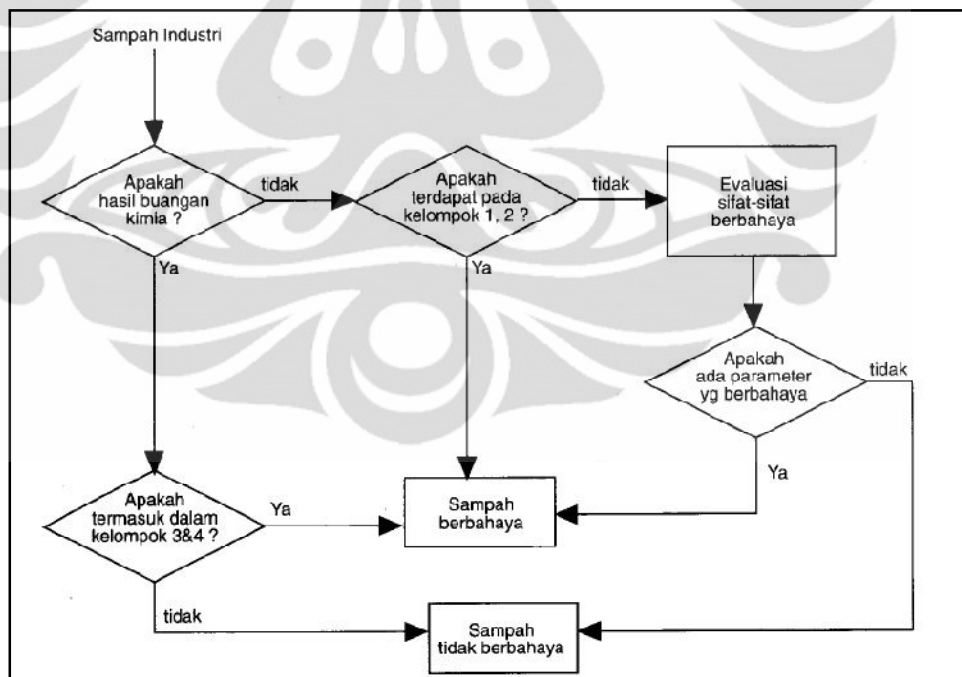
**Universitas Indonesia**



suatu produk menjadi limbah B3 yang memerlukan pengelolaan seperti limbah B3 lainnya. Hal yang sama juga berlaku untuk sisa kemasan limbah B3 dan bahan-bahan kimia yang kadaluarsa.

Limbah jenis ini tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, sehingga memerlukan pengelolaan seperti limbah B3 lainnya. Limbah industri sangat beragam sehingga RCRA dan EPA mengembangkan metoda untuk menentukan tingkat bahaya limbah. Tim peneliti Pola Pembuangan Limbah Industri, Pusat Penelitian Sain dan Teknologi LP-UI menyederhanakan model untuk pengelompokan tingkat bahaya limbah B3. Adapun pengelompokan yang dimaksud adalah sebagai berikut: (“Sistem Pengelolaan Limbah B3,” n.d.)

- Limbah yang sumbernya tidak spesifik;
- Limbah yang sumbernya spesifik;
- Limbah yang berbahaya; dan
- Limbah beracun.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penentuan Limbah B3 atau Bukan

Sumber: “Sistem Pengelolaan Limbah B3,” n.d.

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 jo. PP No.85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah dengan kode D220,

D221, D222, dan D223 dapat dinyatakan sebagai limbah B3 setelah dilakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) atau uji karakteristik.

Pengelompokkan limbah B3 berdasarkan jenisnya, yaitu: (“Sistem Pengelolaan Limbah B3,” n.d.)

- Buangan radioaktif, buangan yang mengemisikan radioaktif berbahaya, persistensi untuk periode waktu yang lama.
- Buangan bahan kimia, umumnya digolongkan menjadi (a) *synthetic organics*, (b) anorganik logam, garam-garam, asam, dan basa, (c) *flammable*, dan (d) *explosive*.
- Buangan *biological*, berasal dari rumah sakit atau penelitian biologi. Sidat terpenting sumber ini menyebabkan sakit pada makhluk hidup dan menghasilkan toksin.
- Buangan mudah terbakar (*flammable*)
- Buangan mudah meledak (*explosive*)

Pengelompokkan limbah B3 berdasarkan karakteristik atau sifatnya, yaitu:

- Bersifat reaktif/*oxidizing* (pengoksidasi)

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat pengoksidasi (*oxidizing*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Gambar simbol berupa bola api berwarna hitam yang menyala. Simbol ini menunjukkan suatu bahan yang dapat melepaskan banyak panas atau menimbulkan api ketika bereaksi dengan bahan kimia lainnya, terutama bahan-bahan yang sifatnya mudah terbakar meskipun dalam keadaan hampa udara.



Gambar 2.2 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Pengoksidasi (*Oxidizing*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008)

Limbah yang bersifat reaktif adalah limbah-limbah yang mempunyai salah satu sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Limbah yang pada keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan;
- b. Limbah yang dapat bereaksi hebat dengan air;
- c. Limbah yang apabila bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan;
- d. Merupakan limbah sianida, sulfida atau amoniak yang pada kondisi pH antara 2 dan 12,5 dapat menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan;
- e. Limbah yang dapat mudah meledak atau bereaksi pada suhu dan tekanan standar (25°C, 760 mmHg); dan
- f. Limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepas atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi.

Contoh limbah dengan sifat ini adalah asam sulfat bereaksi dengan air spontan menghasilkan panas tinggi, magnesium, perklorat, dan metil etil keton peroksida. Limbah lain yang berbentuk debu sangat halus dari bahan logam, katalis atau batubara reaktif terhadap udara dan berpotensi untuk terbakar atau meledak.

- *Explosive* (mudah meledak)

Berdasarkan penjelasan PP No.85 Tahun 1999 Tentang Perubahan PP No.18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah dengan sifat ini merupakan limbah yang pada suhu tekanan standar (25°C, 760 mmHg) dapat meledak atau melalui reaksi kimia atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya. Limbah B3 dengan sifat mudah meledak yang paling berbahaya adalah limbah B3 peroksida organik karena bersifat oksidator dan tidak stabil. Senyawa ini sangat sensitif terhadap guncangan, gesekan, dan panas, serta terdekomposisi secara eksotermis

dengan melepaskan energi panas yang sangat tinggi. Contoh limbah B3 dengan sifat ini adalah asetil peroksida, benzoil peroksida, dan jenis monomer yang mempunyai berpolimerisasi secara spontan sambil melepaskan gas bertekanan tinggi (seperti *butadien* dan *metakrilat*).

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat mudah meledak (*explosive*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol berupa gambar bom meledak (*explosive/exploded bomb*) berwarna hitam. Simbol ini menunjukkan suatu bahan yang pada suhu dan tekanan standar (25°C, 760 mmHg) dapat meledak dan menimbulkan kebakaran atau melalui reaksi kimia atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan di sekitarnya.



Gambar 2.3 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Mudah Meledak (*Explosive*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

- *Flammable* (mudah terbakar/menyala)

Sifat mudah terbakar adalah sifat apabila dekat dengan api/sumber api, percikan, gesekan mudah menyala dalam waktu yang lama baik selama pengangkutan, penyimpanan, atau pembuangan. Umumnya, yang termasuk limbah ini adalah jenis pelarut organik (benzene, toluene, dan aseton), tetapi ada juga yang berbentuk padat, seperti potasium, *litium hidrida*, dan *sodium hidrida*, yang apabila kontak dengan udara dapat terbakar dengan spontan. Limbah B3 lainnya yang dapat terbakar jika kontak dengan udara adalah *trimetil aluminium*. Limbah jenis ini dinamakan limbah "*pyrophoric*".

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat mudah

**Universitas Indonesia**

menyala (*flammable*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Gambar simbol berupa gambar nyala api berwarna putih dan hitam.



Gambar 2.4 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Mudah Menyala (*Flammable*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Simbol ini menunjukkan suatu bahan yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Dapat menjadi panas atau meningkat suhunya dan terbakar karena kontak dengan udara pada temperatur ambien;
- b. Padatan yang mudah terbakar karena kontak dengan sumber nyala api;
- c. Gas yang mudah terbakar pada suhu dan tekanan normal;
- d. Mengeluarkan gas yang sangat mudah terbakar dalam jumlah yang berbahaya, jika bercampur atau kontak dengan air atau udara lembab;
- e. Padatan atau cairan yang memiliki titik nyala di bawah 0°C dan titik didih lebih rendah atau sama dengan 35°C;
- f. Padatan atau cairan yang memiliki titik nyala 0°C-21°C;
- g. Cairan yang mengandung alkohol kurang dari 24% dan/atau pada titik nyala (*flash point*) tidak lebih dari 60°C (140°F) akan menyala apabila terjadi kontak dengan api, percikan api atau sumber nyala lain pada tekanan udara 760 mmHg. Pengujiannya dapat dilakukan dengan metode "Closed-Up Test";
- h. Padatan yang pada temperatur dan tekanan standar (25°C dan 760 mmHg) dengan mudah menyebabkan terjadinya kebakaran melalui gesekan, penyerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan dan apabila terbakar dapat menyebabkan kebakaran yang terus menerus dalam 10 detik. Padatan yang hasil pengujian "Seta Closed Cup Flash Point Test"-nya menunjukkan titik nyala kurang dari 40°C;
- i. Aerosol yang mudah menyala;

- j. Padatan atau cairan piroforik; atau
- k. Peroksida organik.

Kebanyakan bahan kimia mudah terbakar berupa cairan yang menghasilkan uap yang umumnya lebih berat daripada udara sehingga cenderung “mengendap”. Kecenderungan terbakar diukur dengan cara memanaskan cairan pada tiap-tiap tingkat suhu sampai campuran uap dan udara terbakar di permukaan cairan. Temperatur saat terjadinya hal tersebut disebut titik nyala (*flash point*). Berdasarkan uraian di atas material mudah terbakar dapat diklasifikasi menjadi:

- a. Padatan mudah terbakar, suatu bahan yang dapat terbakar karena gesekan atau panas yang tersisa dari pembuatannya atau dapat menyebabkan bahaya serius bila terbakar. Bahan mudah meledak tidak termasuk klasifikasi ini;
- b. Cairan mudah terbakar (*flammable liquid*), bahan dengan *flash point* kurang dari 37,8°C (100°F);
- c. Cairan dapat terbakar (*combustible liquid*) mempunyai *flash point* lebih tinggi dari 37,8°C (100°F) tetapi kurang dari 93,3°C; dan
- d. Gas bertekanan mudah terbakar, mempunyai kriteria khusus; batas terendah mudah terbakar (*lower flammability limit*) dan kisaran mudah terbakar (*flammability range*).

Untuk uap mudah terbakar *lower flammability limit* (LFL) berarti nilai ratio uap/udara di bawah mana penyalaan tak dapat berlangsung karena kurangnya uap. Sedangkan *upper flammability limit* (UFL) adalah nilai ratio uap/udara di atas mana penyalaan tak dapat berlangsung karena kurangnya udara. Kisaran antara *lower flammability limit* dan *upper flammability limit* disebut *flammability range*. Sebagai contoh metanol mempunyai titik nyala 12°C, LFL 6,0; UFL 37% volume dalam udara.

Campuran optimal bahan dapat bakar (*optimal flammable mixture, OFM*) sering diistilahkan (*most explosive mixture*), prosentase bahan mudah terbakar untuk pembakaran terbaik. Misalnya untuk aseton *OFM* 5%.

Hal yang lebih berbahaya dapat terjadi dengan cairan mudah terbakar adalah pendidihan cairan yang menyebabkan ledakan uap (*boiling*

*liquid expanding vapor explosion, BLEVE*). Ini disebabkan oleh timbulnya tekanan tinggi dengan cepat saat pemanasan cairan mudah terbakar dalam wadah tertutup. Ledakan terjadi manakala tekanan yang timbul cukup untuk menghancurkan dinding wadah. Dalam hal kepadatan-nyalaan, bagian partikel yang sangat halus mirip dengan uap cairan. Sebagai contoh, semprotan kabut cairan hidrokarbon memberi peluang terjadinya kontak partikel cairan dengan oksigen. Pada kasus ini cairan dapat menyala pada temperatur di bawah titik nyala.

Ledakan dari debu dapat terjadi dari berbagai jenis padatan dalam bentuk serbuk halus (*finely divided state*). Beberapa jenis debu metal, khususnya magnesium dan paduannya, zirconium, titanium dan aluminium dapat terbakar dan meledak di udara. Contoh:



Debu-debu polimer seperti selulosa asetat, polietilen, dan polistirena juga dapat meledak.

Senyawa dapat terbakar adalah bahan pereduksi yang bereaksi dengan bahan pengoksidasi dan menghasilkan panas. Oksigen diatomik,  $\text{O}_2$ , dalam udara merupakan pengoksidasi yang paling umum. Beberapa pengoksidasi merupakan senyawaan kimia yang mengandung oksigen dalam formulanya. Unsur-unsur kelompok halogen dan beberapa dari senyawanya juga merupakan pengoksidasi.

Tabel 2.1 Beberapa Contoh Bahan Pengoksidasi

N a m a	Formula	Wujud
Kalium permanganat	$\text{KMnO}_4$	padat
Bromin	$\text{Br}_2$	cairan
Ozon	$\text{O}_3$	gas

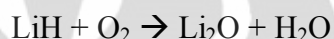
Sumber: Soemantojo (2002)

Senyawa piroforik dapat menimbulkan api secara spontan di udara. Beberapa di antaranya seperti fosfor putih, logam-logam alkali, serbuk magnesium, kalsium, kobal, mangan, besi, *zirconium*, dan aluminium.

Termasuk pula beberapa senyawa organometal seperti etil-litium, fenil-litium, kelompok karbonil-metal seperti besi pentakarbonil, kelompok logam dan *hidrida metalloid* seperti litium hidrida, LiH; pentaboran, B<sub>5</sub>H<sub>9</sub>; arsin. AsH<sub>3</sub>. campuran dalam udara sering menjadi faktor penyalaaan spontan. Contoh:



Panas yang dibebaskan oleh reaksi cukup menimbulkan api pada hidrida sehingga terbakar.



Beberapa campuran pengoksidasi dan bahan dapat teroksidasi dapat menimbulkan api spontan, sebagai contoh campuran asam nitrat dan fenol. Campuran semacam ini disebut hipergolat.

Bahaya lain yang serius dari peristiwa pembakaran adalah senyawaan racun yang ditimbulkannya. Contoh yang sangat umum adalah terbentuknya karbon mono oksida CO, yang dapat menyebabkan keracunan atau kematian karena dapat berikatan membentuk karboksi hemoglobin sehingga darah tidak lagi dapat mensuplai cukup oksigen ke jaringan tubuh. Pembakaran belerang, fosfor dan senyawa organo klorida akan menimbulkan gas-gas racun SO<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>, dan HCl. Sejumlah besar senyawa organik noxious seperti aldehida ditimbulkan sebagai hasil serta dari pembakaran. Pembakaran dalam keadaan kurang oksigen dapat menimbulkan hidrokarbon polisiklik aromatik, di antaranya adalah benzo(a)piren yang bersifat prekarsinogenik.

- *Toxic waste* (buangan beracun)

Sifat ini mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia atau lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, kulit atau mulut. Contohnya adalah logam berat, seperti arsenic, cadmium, besi, merkuri, cadmium, serta beberapa senyawa organik sintetik, seperti pestisida, PCB (*Poly Chlorinated Biphenyls*), dan dan pelarut halogen.

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan



Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat beracun (*toxic*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol berupa gambar tengkorak dan tulang bersilang. Simbol ini menunjukkan suatu bahan yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Sifat racun bagi manusia, yang dapat menyebabkan keracunan atau sakit yang cukup serius apabila masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, kulit atau mulut. Penentuan tingkat sifat racun ini didasarkan atas uji LD50 (amat sangat beracun, sangat beracun dan beracun); atau
- b. Sifat bahaya toksisitas akut.



Gambar 2.5 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Beracun (*Toxic*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Berdasarkan penjelasan PP No.85 Tahun 1999 Tentang Perubahan PP No.18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, penentuan sifat racun dalam identifikasi limbah ini dapat menggunakan baku mutu konsentrasi *Toxicity Characteristic Leaching Procedure, TCLP* pencemar organik dan anorganik. Apabila konsentrasi limbah kurang dari nilai ambang batas maka dilakukan uji toksikologi. Toksisitas adalah hal utama yang diperhatikan menyangkut bahan berbahaya. Hal ini mencakup efek kronis jangka panjang akibat pemaparan kontinyu atau periodik dari bahan toksik konsentrasi rendah dan efek akut dari pemaparan sesaat konsentrasi tinggi. Untuk keperluan pengawasan dan remediasi dibutuhkan suatu uji standar yang dapat mengukur seperti apa suatu bahan toksik sampai ke lingkungan dan menyebabkan bahaya bagi makhluk hidup. Salah satu uji yang dipersyaratkan adalah *TCLP*. Uji ini dirancang untuk menentukan mobilitas kontaminan organik maupun anorganik yang terdapat dalam cairan, padatan dan limbah multifasa.

- *Infectious waste* (buangan penyebab penyakit)

Berdasarkan penjelasan PP No.85 Tahun 1999 Tentang Perubahan PP No.18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah yang menyebabkan infeksi yaitu bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan dari tubuh manusia yang terkena infeksi, limbah dari laboratorium atau limbah lainnya yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular. Limbah ini berbahaya karena mengandung kuman penyakit seperti hepatitis dan kolera yang ditularkan pada pekerja, pembersih jalan, dan masyarakat di sekitar lokasi pembuangan limbah. Limbah jenis ini umumnya berupa limbah rumah sakit atau laboratorium klinik, limbah laboratorium yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular, tubuh manusia, dan cairan tubuh manusia yang terinfeksi.

- *Corrosive* (menimbulkan karat)



Gambar 2.6 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Korosif (*Corrosive*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat korosif (*corrosive*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol terdiri dari 2 gambar yang tertetes cairan korosif. Simbol ini menunjukkan suatu bahan yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit;
- Menyebabkan proses pengkaratan pada lempeng baja SAE 1020 dengan laju korosi  $> 6,35$  mm/tahun dengan temperatur pengujian  $55^{\circ}\text{C}$ ; atau
- Mempunyai pH sama atau kurang dari 2 untuk B3 bersifat asam dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk B3 yang bersifat basa.

Sifat ini merupakan limbah dengan  $\text{pH} < 2$  atau  $\text{pH} > 12,5$  karena dapat bereaksi dengan buangan lain, dapat menyebabkan karat baja/besi dan menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit. Bahan korosif dipahami sebagai bahan yang dapat melarutkan logam atau menyebabkan oksidasi material pada bagian permukaan logam, misalnya karat besi. Pengertian korosif yang lebih luas adalah sifat bahan yang dapat menyebabkan kerusakan bahan, termasuk jaringan hidup yang kontak dengan zat tersebut atau terpaparinya. Pada umumnya bahan korosif berupa asam kuat, basa kuat, pahan pengoksidasi, dan bahan bersifat penarik air (*dehydrating agents*).

Asam sulfat adalah salah satu bahan korosif, termasuk asam kuat yang dalam kepekatan tinggi juga bersifat menarik air sekaligus pengoksidasi. Afinitasnya terhadap molekul air tergambar dari panas yang dibebaskan bila asam sulfat dicampur dengan air. Penguapan air ke dalam asam sulfat adalah cara pencampuran yang keliru karena menyebabkan pendidihan lokal dan dapat menyebabkan percikan yang akan melukai pekerja. Efek kerusakan yang utama dari asam sulfat pada jaringan kulit adalah lepasnya air disertai pembebasan panas. Uap asam yang terhirup merusak saluran pernafasan atas dan mata. Pemaparan jangka panjang oleh uap juga menyebabkan erosi gigi. Reaksi dehidrasi oleh asam sulfat bisa menjadi sangat kuat, misalnya reaksi dengan asam perklorat menghasilkan  $\text{Cl}_2\text{O}_7$  yang tidak stabil dan dapat mengakibatkan ledakan dahsyat. Reaksi dengan beberapa senyawa menghasilkan gas-gas berbahaya; dengan asam oksalat menghasilkan karbon mono oksida, dengan natrium bromida menghasilkan bromin dan sulfur dioksida, dengan natrium klorat menghasilkan klorin dioksida yang tidak stabil.

Contoh lain dari senyawa korosif adalah asam nitrat, asam klorida, asam fluorida, alkali hidroksida, hidrogen peroksida, golongan senyawa inter-halogen ( $\text{ClF}$ ,  $\text{BrF}_3$ ), oksihalida ( $\text{OF}_2$ ,  $\text{OCl}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ), elemental klorin, fluorin, bromine, dan soda kaustik.

- *Harmful* (berbahaya)

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat berbahaya (*harmful*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol berupa gambar silang berwarna hitam. Simbol ini untuk menunjukkan suatu bahan baik berupa padatan, cairan ataupun gas yang jika terjadi kontak atau melalui inhalasi ataupun oral dapat menyebabkan bahaya terhadap kesehatan sampai tingkat tertentu.



Gambar 2.7 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Berbahaya (*Harmful*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

- *Irritant* (iritasi)



Gambar 2.8 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Iritasi (*Irritant*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat iritasi (*irritant*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol berupa gambar tanda seru berwarna hitam. Simbol ini menunjukkan suatu bahan yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Padatan maupun cairan yang jika terjadi kontak secara langsung dan terus menerus dengan kulit atau selaput lendir dapat menyebabkan iritasi atau peradangan;
  - b. Toksisitas sistemik pada organ target spesifik karena paparan tunggal dapat menyebabkan iritasi pernafasan, atau pusing;
  - c. Sensitasi pada kulit yang dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit; atau
  - d. Iritasi/kerusakan parah pada mata yang dapat menyebabkan iritasi serius pada mata.
- *Dangerous for environment* (berbahaya bagi lingkungan)



Gambar 2.9 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Berbahaya bagi Lingkungan  
(*Dangerous For Environment*)

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat berbahaya bagi lingkungan (*dangerous for environment*) berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol berupa gambar pohon dan media lingkungan berwarna hitam serta ikan berwarna putih. Simbol ini untuk menunjukkan suatu bahan yang dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan. Bahan kimia ini dapat merusak atau menyebabkan kematian pada ikan atau organisme akuatik lainnya atau bahaya lain yang dapat ditimbulkan, seperti merusak lapisan ozon (misalnya CFC = *Chlorofluorocarbon*), persistent di lingkungan (misalnya PCBs = *Polychlorinated Biphenyls*).

- *Carcinogenic, tetragenic, mutagenic* (karsinogenik, teratogenik dan mutagenik)



Gambar 2.10 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Karsinogenik, Teratogenik dan Mutagenik

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat karsinogenik, teratogenik dan mutagenik berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol berupa gambar kepala dan dada manusia berwarna hitam dengan gambar menyerupai bintang segi enam berwarna putih pada dada. Simbol ini menunjukkan paparan jangka pendek, jangka panjang atau berulang dengan bahan ini dapat menyebabkan efek kesehatan sebagai berikut:

- a. Karsinogenik yaitu penyebab sel kanker;
  - b. teratogenik yaitu sifat bahan yang dapat mempengaruhi pembentukan dan pertumbuhan embrio;
  - c. Mutagenik yaitu sifat bahan yang menyebabkan perubahan kromosom yang berarti dapat merubah genétika;
  - d. Toksisitas sistemik terhadap organ sasaran spesifik;
  - e. Toksisitas terhadap sistem reproduksi; atau
  - f. Gangguan saluran pernafasan.
- *Pressure gas* (bahaya lain berupa gas bertekanan)



Gambar 2.11 Simbol B3 Klasifikasi Bersifat Gas Bertekanan

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol untuk B3 klasifikasi bersifat gas bertekanan berwarna dasar putih dengan garis tepi tebal berwarna merah. Simbol berupa gambar tabung gas silinder berwarna hitam. Simbol ini untuk menunjukkan bahaya gas bertekanan yaitu bahan ini bertekanan tinggi dan dapat meledak bila tabung dipanaskan/terkena panas atau pecah dan isinya dapat menyebabkan kebakaran.

Limbah yang termasuk limbah B3 adalah limbah lain yang apabila diuji dengan metode toksikologi memiliki  $LD_{50}$  di bawah nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Pengujian toksikologi dilakukan untuk menentukan sifat akut atau kronik dan menetapkan nilai  $LD_{50}$  (*Lethal Dose Fifty*).  $LD_{50}$  adalah perhitungan dosis (gram pencemar per kilogram) yang dapat menyebabkan kematian 50 % populasi makhluk hidup yang dijadikan percobaan. Apabila  $LD_{50}$  lebih besar dari 15 gram per kilogram berat badan maka limbah tersebut bukan limbah B3. Untuk melakukan uji toksikologi dengan bio essai dilaksanakan untuk limbah B3 yang tidak mempunyai dosis referensi atau limbah B3 yang bersifat akut. Adapun limbah B3 yang bersifat kronis dilakukan telaahan dengan metodologi perhitungan dan atau berdasarkan hasil studi dan perkembangan ilmu pengetahuan yang ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab di bidang pengendalian dampak lingkungan.

#### **2.4 Limbah Laboratorium**

Di laboratorium cenderung bekerja dengan konsentrasi yang kecil, seperti milligram atau gram, dan cenderung bekerja dengan beragam variasi bahan kimia. Dalam laboratorium terdiri dari beberapa bahan berbahaya. Bahan berbahaya tersebut dapat dikelompokkan menjadi (McKusick, 1981):

- Bahan berbahaya fisik

Bahan berbahaya fisik terdiri dari api, ledakan, kejut listrik, *cut*. Bahan berbahaya fisik ini selalu berhubungan dengan bahan berbahaya kimia. Pemanas listrik dapat digunakan sebagai pengganti pemanas Bunsen agar lebih aman dan mengurangi potensi api dan ledakan. Selain itu, untuk menghindari timbulnya api atau ledakan, dapat dilakukan dengan membatasi jumlah cairan *flammable* dan *explosion*.

- Bahan berbahaya kimia

Semua bahan kimia berpotensi membahayakan. Upaya yang paling tepat mengontrol bahan kimia berbahaya adalah meminimisasi *exposure* bahan kimia.

Upaya penanganan dalam laboratorium terhadap bahan berbahaya, baik fisik maupun kimia, adalah sebagai berikut: (McKusick, 1981)

- Ventilasi laboratorium

Hal ini sangat direkomendasikan karena pekerja laboratorium selalu menghabiskan waktunya dengan bahan kimia di laboratorium. Bahan kimia disimpan dalam kabinet berventilasi.

- Peralatan pelindung, seperti *face shield* atau *goggles*, *gloves* atau sarung tangan, celemek, jas lab, dan *jump suit*. Selain alat pelindung diri, perlu juga disediakan alat untuk keadaan darurat, seperti pemadam kebakaran, *safety shower*, *water fountain*, alat pernapasan, dan kotak P3K.

- Pengadaan dan penyimpanan bahan kimia

Ruang penyimpanan sebaiknya dingin dan berventilasi baik. Cairan *flammable* dalam jumlah besar sebaiknya disimpan dan dikeluarkan dalam ruangan terpisah, terutama dalam gedung yang resisten api jauh dari gedung utama. Penyimpanan bahan kimia berkadar toksik, rekatif, atau *flammable* tinggi dihindari. Bahan berbahaya sebaiknya disimpan pada cabinet berventilasi yang berhubungan dengan *hood*, botol kimia,. Cairan *flammable* jangan disimpan di dalam refrigerator.

Limbah kimia yang telah digunakan atau tidak digunakan sebaiknya dibuang dengan cara yang tidak membahayakan manusia dan memiliki efek minimal terhadap lingkungan. Limbah kimia yang mudah larut dalam air dapat dibuang ke sistem saluran drainase melalui wastafel dengan cara pengenceran



terlebih dahulu. Limbah *flammable* dan limbah asam/basa kuat sebelum dibuang harus diencerkan terlebih dahulu. Limbah kimia mudah menguap yang bersifat toksik tinggi atau bau menyengat tidak dapat dibuang langsung ke saluran drainase karena dapat menimbulkan interkoneksi saluran drainase dan mempengaruhi manusia yang berada di sekitar bangunan. Limbah kimia cair lain sebaiknya dikumpulkan dalam botol berlabel untuk dibuang ke pihak pemusnah secara *off-site* atau *on-site*. Limbah kimia padat sebaiknya dikumpulkan dalam botol kimia atau wadah asli yang berlabel dan ditempatkan di dalam drum. (McKusick, 1981)

Pembuangan akhir limbah kimia dengan insinerasi merupakan langkah yang dapat diterima untuk menangani semua limbah kimia B3, khususnya limbah kimia yang mengandung banyak organik dan produk biologis yang terkontaminasi bahan kimia. Insinerator dengan temperature tinggi akan mengubah bahan tersebut menjadi elemen oksida yang memiliki berefek lebih kecil. Insinerator ini sebaiknya dilengkapi alat seperti *electrostatic precipitator* untuk menangani limbah buangan dari insinerator. (McKusick, 1981)

## 2.5 Limbah B3 Rumah Sakit

Rumah sakit adalah sarana upaya kesehatan yang menyelenggarakan upaya pelayanan kesehatan yang meliputi pelayanan rawat jalan, rawat inap, pelayanan gawat darurat, pelayanan medik dan non medik yang dalam melakukan proses kegiatan hasilnya dapat mempengaruhi lingkungan sosial, budaya dan dalam menyelenggarakan upaya dimaksud dapat mempergunakan teknologi yang diperkirakan mempunyai potensi besar terhadap lingkungan (Agustiani dkk, 1998). Kegiatan rumah sakit berpotensi menghasilkan limbah B3 yang sangat besar berupa limbah cair, padat, dan gas.

### 2.5.1 Jenis Limbah Rumah Sakit

Limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit dan kegiatan penunjang lainnya. Limbah rumah sakit terdiri dari:

- Limbah padat

Limbah padat rumah sakit terdiri atas sampah mudah membusuk, sampah mudah terbakar, dan lain-lain. Limbah padat rumah sakit meliputi limbah biologis dan limbah nonbiologis (Li & Jenq, 1993). The US Environmental Protection Agency (EPA), mengestimasi laju timbulan limbah rumah sakit sebesar 7 kg/*bed*/hari (Li & Jenq, 1993, 146).

- Limbah cair

Limbah cair rumah sakit dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dan parameter BOD, COD, TSS, dan lain-lain.

- Limbah gas

Limbah rumah sakit meliputi limbah medis dan limbah non medis. Menurut Li (1993), komponen utama limbah medis di rumah sakit adalah limbah infeksius, limbah patologis, limbah radioaktif, limbah berbahaya, limbah kimia, benda tajam yang terkontaminasi, dan limbah anatomi. Laju timbulan limbah medis rumah sakit bergantung pada jumlah *bed* rumah sakit, jumlah *intensive care bed*, dan fasilitas khusus yang ada.

Jenis-jenis limbah rumah sakit meliputi bagian berikut ini (Shahib dan Djustiana, 1998):

- Limbah klinik

Limbah klinik adalah limbah yang berasal dari pelayanan medik, perawatan gigi/pasien, farmasi, penelitian, pengobatan, perawatan, atau pendidikan yang menggunakan bahan-bahan beracun, infeksius, berbahaya atau bisa membahayakan kecuali jika dilakukan pengamanan tertentu. Limbah dihasilkan selama pelayanan pasien secara rutin, pembedahan dan di unit-unit resiko tinggi. Limbah ini mungkin berbahaya dan mengakibatkan resiko tinggi infeksi kuman dan populasi umum dan staf rumah sakit. Oleh karena itu perlu diberi label yang jelas sebagai resiko tinggi. Berdasarkan potensi bahaya yang terkandung dalam limbah klinis, maka jenis limbah menurut Adisasminto (1998) dapat digolongkan sebagai limbah benda tajam, limbah infeksius, limbah jaringan tubuh, limbah sitotoksik, limbah farmasi, limbah kimia, dan limbah radioaktif. Contoh limbah jenis tersebut ialah perban atau pembungkus yang kotor, cairan badan, anggota badan yang diamputasi, jarum-jarum dan semprit bekas, kantong urin dan produk darah.

a. Limbah benda tajam

Limbah benda tajam adalah objek atau alat yang memiliki sudut tajam, sisi ujung atau bagian menonjol yang dapat mendorong atau menusuk kulit, seperti jarum hipodemik, perlengkapan intravena, pisau bedah. Benda-benda tajam yang terbuang mungkin terkontaminasi oleh darah, cairan tubuh, bahan mikrobiologi dan beracun, bahan sitotoksik atau radioaktif mempunyai potensi bahaya tambahan. Potensi untuk menularkan penyakit sangat besar pada benda tajam yang digunakan untuk pengobatan penderita infeksi.

b. Limbah infeksius

Limbah infeksius mencakup pengertian limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular (perawatan intensif) dan limbah laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi dari poliklinik dan ruang perawatan penyakit menular.

c. Limbah jaringan tubuh

Limbah jaringan tubuh meliputi organ, anggota badan, darah, dan cairan tubuh yang biasanya dihasilkan pada pembedahan dan otopsi.

d. Limbah sitotoksik

Limbah sitotoksik adalah bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi obat sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik.

e. Limbah farmasi

Limbah farmasi dapat berasal dari obat-obatan kadaluarsa, obat-obatan yang terbuang karena *batch* yang tidak memenuhi spesifikasi atau kemasan terkontaminasi, obat-obatan yang dikembalikan atau dibuang oleh masyarakat, obat-obatan yang tidak diperlukan oleh institusi bersangkutan dan limbah yang dihasilkan selama produksi obat-obatan.

f. Limbah kimia

Limbah kimia dihasilkan dari penggunaan kimia dalam tindakan medic, veterinary, laboratorium, dan proses sterilisasi.

g. Limbah radioaktif

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radioisotope yang berasal dari penggunaan medic atau riset radionukleotida. Limbah ini dapat berasal dari tindakan kedokteran nuklir, radioimmunoassay.

- Limbah patologi

Limbah ini juga dianggap beresiko tinggi dan sebaiknya diotoklaf sebelum keluar dari unit patologi. Limbah tersebut harus diberi label *biohazard*.

- Limbah bukan klinik

Limbah ini meliputi kertas-kertas pembungkus atau kantong dan plastik yang tidak berkontak dengan cairan badan. Meskipun tidak menimbulkan resiko sakit, limbah tersebut cukup merepotkan karena memerlukan tempat yang besar untuk mengangkut dan mambuangnya.

- Limbah dapur

Limbah ini mencakup sisa-sisa makanan dan air kotor. Berbagai serangga seperti kecoa, kutu dan hewan mengerat seperti tikus merupakan gangguan bagi staf maupun pasien di rumah sakit.

### 2.5.2 Pencegahan Pengolahan Limbah pada Pelayanan Kesehatan

Pengelolaan limbah B3 rumah sakit adalah bagian dari kegiatan penyehatan lingkungan di rumah sakit yang bertujuan untuk melindungi masyarakat dari bahaya pencemaran lingkungan yang bersumber dari limbah rumah sakit. Pengolahan limbah pada dasarnya merupakan upaya mengurangi volume, konsentrasi atau bahaya limbah, setelah proses produksi atau kegiatan, melalui proses fisika, kimia atau hayati. Dalam pelaksanaan pengelolaan limbah, upaya pertama yang harus dilakukan adalah upaya preventif yaitu mengurangi volume bahaya limbah yang dikeluarkan ke lingkungan yang meliputi upaya mengunangi limbah pada sumbernya, serta upaya pemanfaatan limbah (Shahib, 1999). Program minimisasi limbah di Indonesia baru mulai digalakkan, bagi rumah sakit masih merupakan hal baru, yang tujuannya untuk mengurangi jumlah limbah dan pengolahan limbah yang masih mempunyai nilai ekonomi (Shahib, 1999).

Di dalam pengelolaannya, limbah medis memerlukan pengelolaan khusus yang berbeda dengan limbah non medis. Untuk limbah cair rumah sakit, setiap rumah sakit selain harus memiliki IPAL juga harus memiliki surat pernyataan pengelolaan lingkungan (SPPL) dan surat izin pengolahan limbah cair. Untuk limbah padat rumah sakit, seperti limbah organ-organ manusia harus dibakar di insinerator.

Langkah awal yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan pengolahan limbah rumah sakit adalah menentukan karakteristik fisik dan kimia limbah rumah sakit. Karakteristik fisik meliputi persentase berat, kandungan (*moisture*, padatan, dan abu), elemen analisis (karbon, oksigen, nitrogen, sulfur, dan klorin), dan nilai/titik panas (Li & Jenq, 1993).

Berbagai upaya telah dipergunakan untuk mengungkapkan pilihan teknologi mana yang terbaik untuk pengolahan limbah, khususnya limbah berbahaya antara lain (Hananto, 1999):

- Reduksi pada sumbernya (*source reduction*)

Upaya ini bersifat preventif yaitu mencegah atau mengurangi terjadinya limbah yang keluar dan proses produksi. Reduksi limbah pada sumbernya adalah upaya mengurangi volume, konsentrasi, toksisitas, dan tingkat bahaya limbah yang akan keluar ke lingkungan secara preventif langsung pada sumber pencemar. Hal ini banyak memberikan keuntungan, yaitu meningkatkan efisiensi kegiatan serta mengurangi biaya pengolahan limbah dan pelaksanaannya relatif murah (Hananto, 1999). Berbagai cara yang digunakan untuk reduksi limbah pada sumbernya adalah (Arthono, 2000):

- a. *House keeping* yang baik untuk menjaga kebersihan lingkungan dengan mencegah terjadinya ceceran, tumpahan atau kebocoran bahan serta menangani limbah yang terjadi dengan sebaik mungkin;
- b. Segregasi aliran limbah, yaitu memisahkan berbagai jenis aliran limbah menurut jenis komponen, konsentrasi, atau keadaanya, sehingga dapat mempermudah, mengurangi volume, atau mengurangi biaya pengolahan limbah;

- c. Pelaksanaan *preventive maintenance*, yaitu pemeliharaan/penggantian alat atau bagian alat menurut waktu yang telah dijadwalkan;
  - d. Pengelolaan bahan (*material inventory*), yaitu suatu upaya agar persediaan bahan selalu cukup untuk menjamin kelancaran proses kegiatan, tetapi tidak berlebihan sehingga tidak menimbulkan gangguan lingkungan, sedangkan penyimpanan agar tetap rapi dan terkontrol;
  - e. Pengaturan kondisi proses dan operasi yang baik sesuai dengan petunjuk pengoperasian/penggunaan alat dapat meningkatkan efisiensi; dan
  - f. Penggunaan teknologi bersih, yaitu pemilikan teknologi proses kegiatan yang kurang potensi untuk mengeluarkan limbah B3 dengan efisiensi yang cukup tinggi, sebaiknya dilakukan pada saat pengembangan rumah sakit baru atau penggantian sebagian unitnya.
- Reduksi limbah (*waste reduction*)
  - Minimisasi limbah (*waste minimization*)
  - Pemberantasan limbah (*waste abatement*)
  - Pencegahan pencemaran (*waste prevention*)

Kebijakan kodifikasi penggunaan warna untuk memilah-milah limbah di seluruh rumah sakit harus memiliki warna yang sesuai, sehingga limbah dapat dipisah-pisahkan di tempat sumbernya, perlu memperhatikan hal-hal berikut (Haryanto, 2001):

- Bangsal harus memiliki dua macam tempat limbah dengan dua warna, satu untuk limbah klinik dan yang lain untuk bukan klinik
- Semua limbah dari kamar operasi dianggap sebagai limbah klinik
- Limbah dari kantor, biasanya berupa alat-alat tulis, dianggap sebagai limbah klinik; dan
- Semua limbah yang keluar dari unit patologi harus dianggap sebagai limbah klinik dan perlu dinyatakan aman sebelum dibuang.

Perbedaan jenis limbah medis memiliki karakteristik spesifik tersendiri dan mungkin membutuhkan metode pembuangan yang berbeda-beda. Karena keterbatasan lahan untuk *landfill*, insinerasi merupakan salah satu pertimbangan alternatif kebutuhan pengolahan yang sesuai dengan peningkatan jumlah medis

yang semakin cepat. Insinerasi dapat mengurangi limbah hingga 90% - 95% dan ini merupakan metode pengolahan yang paling tepat untuk limbah patologis (Li, 1993). Namun, emisi dari insinerasi perlu diperhatikan karena kemungkinan terdapat logam berat, *polycyclic* material organik, gas asam, dan bioaerosol (Glasser, 1991).

Peraturan limbah padat EPA membagi dua kelas limbah infeksius. Limbah infeksius yang pertama adalah limbah pada kantong plastik merah yang terdiri dari limbah anatomi dan bagian tubuh manusia, kandang binatang yang terkontaminasi, limbah isolasi, kultur dan persediaan agen infeksius dan biologis yang berhubungan, dan limbah patologis. Limbah infeksius yang kedua adalah limbah pada kantong plastik kuning yang terdiri dari limbah benda tajam yang terkontaminasi dan bahan yang *noncombustible* yang terkontaminasi produk darah manusia. (Rutala, 1992)

Pada umumnya, limbah infeksius rumah sakit dibedakan dari limbah non-infeksius dan ada beberapa yang diberi label atau dikumpulkan dalam kantong plastik berwarna kuning yang diberi simbol. Terdapat dua rekomendasi yang dapat diterapkan untuk mengelola limbah infeksius berdasarkan pedoman dari CDC (*Centers for Disease Control*) dan EPA. Namun, untuk rekomendasi metode pembuangan limbah jarum dan *syringe* dan benda tajam lain yang mampu menghasilkan luka atau infeksi memiliki variasi perlakuan yang sedikit berbeda-beda. Ada beberapa yang membuang jenis ini dengan menggunakan alat pemotong secara manual untuk memotong jarum dan kemudian *syringe* bersama dengan *needle hub* ditempatkan ke dalam kardus khusus atau wadah yang kaku/keras. (Rutala, 1992)

Beberapa hal perlu dipertimbangkan dalam merumuskan kebijakan kodifikasi dengan warna yang menyangkut hal-hal berikut (Sundana, 2000):

- Pemisahan limbah
  - a. Limbah harus dipisahkan dari sumbernya;
  - b. Semua limbah beresiko tinggi hendaknya diberi label jelas; dan
  - c. Perlu digunakan kantong plastik dengan warna-warna yang berbeda, yang menunjukkan ke mana plastik harus diangkut untuk insinerasi atau dibuang. Kantong plastik dapat diganti dengan kantong kertas yang

tahan bocor. Kantong kertas ini dapat ditemplei dengan strip berwarna, kemudian ditempatkan di tong dengan kode warna dibangsal dan unit-unit lain. The Taiwan EPA *solid waste regulation* menandakan 2 jenis limbah infeksius, yaitu kantong plastik berwarna merah dan kantong plastik berwarna kuning (Li & Jenq, 1993, 146). Kantong plastik berwarna merah digunakan untuk limbah anatomi dan potongan tubuh manusia, bangkai hewan terkontaminasi, selimut, limbah isolasi, agen infeksius kultur dan persediaan yang berhubungan dengan biologis, dan limbah patologi. Kantong plastik berwarna kuning digunakan untuk darah manusia dan benda tajam/alat suntik. Berdasarkan Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Klinis dan Desinfeksi dan Sterilisasi di Rumah Sakit yang diterbitkan Direktorat Jenderal Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman Departemen Kesehatan RI Tahun 1996, kantong plastik berwarna kuning dengan simbol *biohazard* yang berwarna hitam digunakan untuk limbah infeksius, kantong plastik berwarna ungu dengan simbol limbah sitotoksik (berbentuk *cell* dalam *telophase*) digunakan untuk limbah sitotoksik, dan kantong plastik berwarna merah dengan simbol radioaktif digunakan untuk limbah radioaktif.

- Penyimpanan limbah
  - a. Kantong-kantong dengan warna harus dibuang jika telah berisi 2/3 bagian. Bagian atasnya diikat dan diberi label yang jelas;
  - b. Kantong harus diangkut dengan memegang lehernya, sehingga kalau dibawa mengayun menjauhi badan, dan diletakkan di tempat-tempat tertentu untuk dikumpulkan;
  - c. Petugas pengumpul limbah harus memastikan kantong-kantong dengan warna yang sama telah dijadikan satu dan dikirim ke tempat yang sesuai; dan
  - d. Kantong harus disimpan di kotak-kotak yang kedap terhadap kutu dan hewan perusak sebelum diangkut ke tempat pembuangannya.
- Penanganan limbah



- a. Kantong-kantong dengan kode warna hanya boleh diangkat bila telah ditutup;
- b. Kantong dipegang pada lehernya;
- c. Petugas harus mengenakan pakaian pelindung, misalnya dengan memakai sarung tangan yang kuat dan pakaian terusan, pada waktu mengangkat kantong tersebut;
- d. Jika terjadi kontaminasi diluar kantong diperlukan kantong baru yang bersih untuk membungkus kantong baru yang kotor tersebut seisinya (*double bagging*);
- e. Petugas diharuskan melapor jika menemukan benda-benda tajam yang dapat mencederainya di dalam kantong yang salah; dan
- f. Tidak ada seorang pun yang boleh memasukkan tangannya kedalam kantong limbah.

- Pengangkutan limbah

Kantong limbah dikumpulkan dan dipisahkan menurut kode warnanya, seperti limbah bukan klinik dibawa ke kompaktor dan limbah bagian klinik dibawa ke insinerator di dalam (*onsite incenerator*) dengan menggunakan kereta dorong. Pengangkutan limbah klinis tidak dianjurkan menggunakan pipa plosotan (*chute*). Pengangkutan ke tempat pembuangan di luar harus menggunakan kendaraan khusus (mungkin ada kerjasama dengan Dinas Pekerjaan Umum) kendaraan yang digunakan untuk mengangkat limbah tersebut sebaiknya dikosongkan dan dibersihkan tiap hari. Jika ada kebocoran kantong limbah, kendaraan yang digunakan untuk mengangkat limbah tersebut dibersihkan dengan menggunakan larutan klorin.

- Pembuangan/pengolahan limbah

Setelah dimanfaatkan dengan kompaktor, limbah bukan klinik dapat dibuang ditempat penimbunan sampah (*land-fill site*), limbah klinik harus dibakar (insinerasi), jika tidak mungkin harus ditimbun dengan kapur dan ditanam limbah dapur sebaiknya dibuang pada hari yang sama sehingga tidak sampai membusuk. Berdasarkan Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Klinis dan Desinfeksi dan Sterilisasi di Rumah Sakit yang diterbitkan Direktorat Jenderal Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan

Lingkungan Pemukiman Departemen Kesehatan RI Tahun 1996, pengolahan limbah rumah sakit/klinis dapat dilakukan dengan *on-site treatment* atau *off-site treatment*. Perlakuan limbah infeksius sebelum dibuang ke *landfill* dapat dilakukan dengan *autoclaving* atau dengan desinfeksi menggunakan bahan kimia tertentu.

a. *Autoclaving*

*Autoclaving* sering digunakan untuk perlakuan limbah infeksius. Limbah ini dipanasi dengan uap di bawah tekanan. Kekurangan proses ini adalah untuk limbah bervolume besar atau limbah yang dipadatkan, penetrasi uap secara lengkap pada suhu yang diperlukan sering tidak terjadi, sehingga tujuan *autoclaving* (sterilisasi) tidak tercapai. Tujuan sterilisasi dengan pemberian suhu tinggi pada periode singkat adalah mematikan bakteri vegetatif dan mikroorganisme lain yang membahayakan penjamah limbah.

b. Desinfeksi dengan bahan kimia

Peranan desinfektan untuk institusi besar jarang dilakukan karena pada limbah bervolume besar cairan desinfeksi akan diserap oleh limbah, sehingga akan menambah bobot yang akan menambah masalah dalam penanganannya. Di samping itu desinfeksi juga hanya membunuh mikroorganisme tetapi tidak membunuh spora bakteri.

Kemudian mengenai limbah gas, upaya pengelolaannya lebih sederhana dibanding dengan limbah cair, pengelolaan limbah gas tidak dapat terlepas dari upaya penyehatan ruangan dan bangunan khususnya dalam memelihara kualitas udara ruangan (*indoor*) yang antara lain disyaratkan agar (Agustiani dkk, 2000):

- Tidak berbau (terutama oleh gas  $H_2S$  dan Anioniak);
- Kadar debu tidak melampaui  $150 \mu g/m^3$  dalam pengukuran rata-rata selama 24 jam; dan
- Angka kuman untuk ruang operasi adalah kurang dan  $350 \text{ kalori}/m^3$  udara dan bebas kuman padao gen (khususnya *alpha streptococcus haemoliticus*) dan spora gas gangrer, untuk ruang perawatan dan isolasi adalah kurang dan  $700 \text{ kalori}/m^3$  udara dan bebas kuman patogen. Kadar gas dan bahan

berbahaya dalam udara tidak melebihi konsentrasi maksimum yang telah ditentukan.

Pada umumnya, rumah sakit menyimpan limbah padat di dalam rumah sakit dan mengirimkannya ke penyimpanan atau pemrosesan *on-site* minimal sekali sehari. Hampir seluruh rumah sakit menggunakan kantong plastik sebagai wadah limbah mereka. Wadah limbah ini harus tahan bocor. Personel rumah sakit yang mengirimkan limbah menggunakan kereta transfer. Semua rumah sakit menempatkan bahan-bahan dari wadah limbah ke dalam kereta transfer untuk diangkut ke container penyimpanan *outside*. Kereta ini harus tahan bocor, plastik, berbentuk kotak. Di kontainer *outside* limbah ini perlu dipadatkan. Pembersihan kontainer *outside* harus dilakukan minimal seminggu sekali. (Rutala, 1992)

Secara umum, rumah sakit mengolah limbah infeksius sebelum dibuang dengan insinerasi atau sterilisasi, sedangkan limbah non-infeksius langsung dibuang ke *sanitary landfill*. *Steam sterilization* digunakan dengan waktu kurang dari sama dengan 30 menit pada temperature 121°C. (Rutala, 1992)

Tabel 2.2 Jenis Limbah Medis yang Merupakan Limbah Infeksius dan Rekomendasi Metode Pembuangan atau Pengolahan Berdasarkan CDC (*Centers for Disease Control*) dan EPA

Sumber/Tipe Limbah Medis	CDC		EPA	
	Limbah Infeksius	Metode Pembuangan/Pengolahan	Limbah Infeksius	Metode Pembuangan/Pengolahan
Mikrobiologis (seperti persediaan dan kultur agen infeksius)	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi</li> <li>• <i>Thermal inactivation</i></li> <li>• <i>Chemical disinfection</i> hanya untuk cairan</li> </ul>
Darah dan produk darah	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi</li> <li>• Saluran pembuangan</li> </ul>	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi</li> <li>• Saluran pembuangan (EPA membutuhkan <i>secondary treatment</i>)</li> <li>• <i>Chemical disinfection</i> hanya untuk cairan</li> </ul>
Patologis (seperti organ, <i>tissue</i> )	Ya	Insinerasi	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insinerasi</li> <li>• <i>Steam sterilization</i> dengan insinerasi atau <i>grinding</i></li> <li>• Kremasi atau pembakaran</li> </ul>
Benda tajam (seperti jarum)	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>
<i>Communicable disease isolation</i>	Tidak	-	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>
Kandang, bagian tubuh, dan alas tidur binatang yang terkontaminasi	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization</li> <li>• Insinerasi (kandang)</li> </ul>	Ya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insinerasi</li> <li>• <i>Steam sterilization</i> dengan insinerasi atau <i>grinding</i> (bukan untuk alas tidur)</li> </ul>
Limbah labotarium yang terkontaminasi	Tidak	-	<i>Optional</i>	Jika dikategorikan sebagai limbah infeksius, metode yang dilakukan adalah: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization; atau</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>
Limbah perawat dan autopsi	Tidak	-	<i>Optional</i>	Jika dikategorikan sebagai limbah infeksius, metode yang dilakukan adalah: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization; atau</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>
Unit dialisis	Tidak	-	<i>Optional</i>	Jika dikategorikan sebagai limbah infeksius, metode yang dilakukan adalah: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization; atau</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>
Peralatan yang terkontaminasi	Tidak	-	<i>Optional</i>	Jika dikategorikan sebagai limbah infeksius, metode yang dilakukan adalah: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam sterilization; atau</li> <li>• Insinerasi</li> </ul>

Sumber: Rutala, 1992

Tabel 2.3 Metode Utama pada Pembuangan Limbah: Perbandingan antara Keuntungan dan Kerugian

	<b>Insinerasi</b>	<b>Sanitary Landfill</b>	<b>Grinder</b>
Keuntungan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membunuh penyakit potensial oleh organisme</li> <li>2. Butuh energi (seperti pemanasan)</li> <li>3. 80% berat tereduksi</li> </ol> <p>Jika metode dilakukan secara <i>on-site</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Mengurangi biaya transportasi</li> <li>5. Mengurangi volume limbah yang disimpan sebelum ditransfer ke <i>landfill</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Murah</li> <li>2. <i>Landfill</i> kelas A (yang ditutupi dengan tanah setiap hari) tidak membahayakan kesehatan masyarakat</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penghilangan limbah secara cepat dari lingkungan</li> <li>2. Tidak membutuhkan penyimpanan dan transport</li> <li>3. Penghematan pekerja yang menangani limbah padat</li> <li>4. Mengurangi bau</li> </ol>
Kerugian	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investasi awal dan harga perawatan mahal</li> <li>2. Harus ada standar polusi udara dari pemerintah dan lokal</li> <li>3. Residu atau abu butuh dibuang</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Banyak <i>landfill</i> menolak menerima limbah padat rumah sakit karena dirasa beresiko</li> <li>2. Berpotensi terbakar dan mengkontaminasi air (tanah dan permukaan) jika lokasi dan pengoperasiannya tidak tepat</li> <li>3. Berpotensi adanya permasalahan penyimpanan sebelum dibuang</li> <li>4. Beberapa limbah infeksius mungkin membutuhkan sterilisasi sebelum dibuang di <i>landfill</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terkadang dilarang karena meningkatkan beban organik pada sistem pembuangan</li> <li>2. Penggunaan utama adalah untuk dapur pada fasilitas kesehatan</li> <li>3. Menimbulkan suara yang berisik, menimbulkan getaran, menyumbat grinder dan menghalangi alur srainase</li> <li>4. Memungkinkan timbulnya mikroba aerosol selama penggunaan</li> <li>5. Keterbatasan aplikasi untuk limbah yang mudah terbakar dan tidak mudah terbakar</li> </ol>

Sumber: Rutala, 1983

Rumah sakit yang besar mungkin mampu membeli insinerator sendiri. insinerator berukuran kecil atau menengah dapat membakar pada suhu 1300-1500°C atau lebih tinggi dan mungkin dapat mendaur ulang sampai 60% panas yang dihasilkan untuk kebutuhan energi rumah sakit. Insinerator modern yang baik tentu saja memiliki beberapa keuntungan antara lain kemampuannya menampung limbah klinik maupun bukan klinik, termasuk benda tajam dan produk farmasi yang tidak terpakai (Rostiyanti dan Sulaiman, 2001).

Jika fasilitas insinerasi tidak tersedia, limbah klinik dapat ditimbun dengan kapur dan ditanam. Langkah-langkah pengapuran (*liming*) tersebut meliputi yang berikut (Djoko, 2001):

- Menggali lubang, dengan kedalaman sekitar 2,5 meter.
- Tebarkan limbah klinik didasar lubang sampai setinggi 75 cm.
- Tambahkan lapisan kapur.
- Lapisan limbah yang ditimbun lapisan kapur masih bisa ditambahkan sampai ketinggian 0,5 meter dibawah permukaan tanah.
- Akhirnya lubang tersebut harus ditutup dengan tanah.

## **2.6 Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun**

Pengelolaan limbah B3 ditetapkan berdasarkan pasal 59 Bagian Kedua Bab VII Tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun serta Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dalam undang-undang ini disebutkan bahwa “setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan limbah B3 yang dihasilkannya”.

Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun secara detail dapat dilihat pada PP Nomor 18 Tahun 1999 jo. PP Nomor 85 Tahun 1999. Kegiatan pengelolaan limbah B3 meliputi kegiatan reduksi limbah, pengemasan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan penimbunan. Tujuan pengelolaan B3 adalah untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah B3

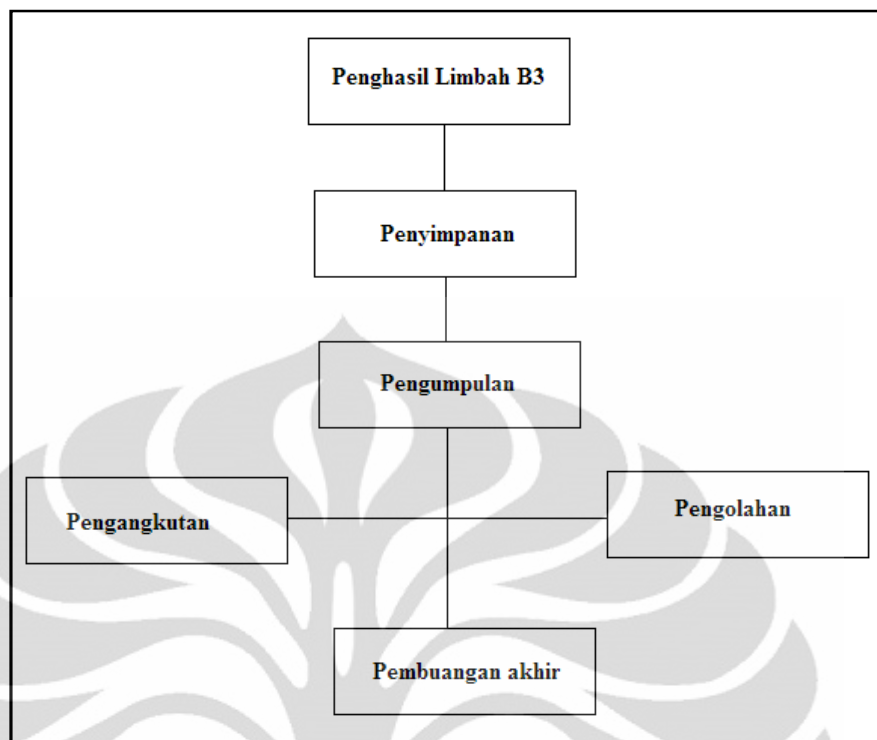
serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang sudah tercemar sehingga sesuai dengan fungsinya kembali.

Dalam upaya penanganan limbah B3, pengidentifikasian karakteristik berbahaya dan beracun dari limbah suatu bahan yang dicurigai merupakan langkah awal yang paling mendasar. Dengan diketahuinya karakteristik limbah, maka suatu upaya penanganan terpadu akan dapat diterapkan.

Dalam pasal 9 Bagian Pertama Tentang Penghasil Bab III Tentang Pelaku Pengelolaan Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, disebutkan bahwa “setiap orang yang melakukan usaha atau kegiatan yang menggunakan bahan berbahaya dan beracun atau menghasilkan limbah B3 wajib melakukan reduksi limbah B3, mengolah limbah B3, atau menimbun limbah B3”.

Prinsip pengelolaan limbah B3 adalah “*cradle to grave*”, yaitu jejak limbah B3 harus diikuti sejak dihasilkan sampai penimbunan akhir. Penghasil limbah B3 wajib membuat dan menyimpan catatan tentang jenis, karakteristik, jumlah, dan waktu limbah B3 yang dihasilkan dan dikirimkan kepada pengumpul atau pengolah limbah B3, serta pengangkut yang melaksanakan pengangkutannya. Catatan tersebut selanjutnya wajib disampaikan kepada instansi yang bertanggung jawab dengan tembusan kepada instansi yang terkait dan Bupati/Walikota/Kepala Daerah Tingkat II yang bersangkutan sekurang-kurangnya sekali dalam enam bulan. Dengan diketahuinya jumlah limbah B3 yang dihasilkan, maka akan diketahui peta sumber limbah B3 yang menjadi dasar pengembangan kebijakan pengelolaan limbah B3.

Keterkaitan pihak-pihak atau elemen fungsional dalam suatu sistem pengelolaan limbah B3 dapat digambarkan dalam bagan alir sebagai berikut:



Gambar 2.12 Bagan Alir Sistem Pengelolaan Limbah B3

Sumber: "Sistem Pengelolaan Limbah B3," n.d.

### 2.6.1 Reduksi Limbah B3

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Pertama Pasal 27, kegiatan reduksi limbah B3 dapat dilakukan melalui upaya menyempurnakan penyimpanan bahan baku dalam kegiatan proses (*house keeping*), substitusi bahan, modifikasi proses, serta upaya reduksi limbah B3 lainnya.

### 2.6.2 Pengemasan Limbah B3

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Kedua Pasal 28, kegiatan pengemasan dilakukan dengan kemasan tertentu sebagai tempat/wadah untuk menyimpan, mengangkut dan mengumpulkan limbah B3. Kemasan adalah wadah atau tempat yang bagian dalamnya terdapat B3 dan dilengkapi penutup. Setiap kemasan limbah B3 wajib diberi simbol berupa gambar yang menyatakan karakteristik limbah B3 dan label berupa tulisan yang menunjukkan karakteristik dan jenis limbah B3.



Berdasarkan artikel Limbah B3 dan Non B3 Solusi PT Tenang Jaya Sejahtera, limbah cair dapat dimasukkan ke dalam drum dan disimpan dalam gudang yang terlindung dari panas dan hujan, sedangkan limbah B3 berbentuk padat/lumpur dapat disimpan dalam bak penimbun yang dasarnya dilapisi dengan lapisan kedap air. Penyimpanan harus mempertimbangkan jenis dan jumlah limbah B3 yang dihasilkan.

Jenis dan karakter limbah B3 akan menentukan bentuk bahan pewadahan yang sesuai dengan sifat limbah B3, sedangkan jumlah limbah B3 dan periode timbulan menentukan volume yang harus disediakan. Bahan yang digunakan untuk wadah dan sarana lainnya dipilih berdasarkan karakteristik buangan. Contoh untuk buangan yang korosif disimpan dalam wadah yang terbuat dari fiber glass.

Salah satu hal penting dalam pengelolaan B3 adalah pemberian simbol dan label. Pemberian simbol dan label sangat penting untuk mengidentifikasi sekaligus mengklasifikasikan B3, yang nantinya akan sangat berguna sebagai informasi penting dalam pengelolaannya. Identifikasi yang digunakan untuk penandaan B3 terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu simbol dan label.

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, simbol berbentuk bujur sangkar diputar 45 derajat sehingga membentuk belah ketupat berwarna dasar putih dan garis tepi belah ketupat tebal berwarna merah. Simbol yang dipasang pada kemasan disesuaikan dengan ukuran kemasan, sedangkan simbol pada kendaraan pengangkut dan tempat penyimpanan kemasan B3 minimal berukuran 25 cm x 25 cm.



Gambar 2.13 Bentuk Dasar Simbol

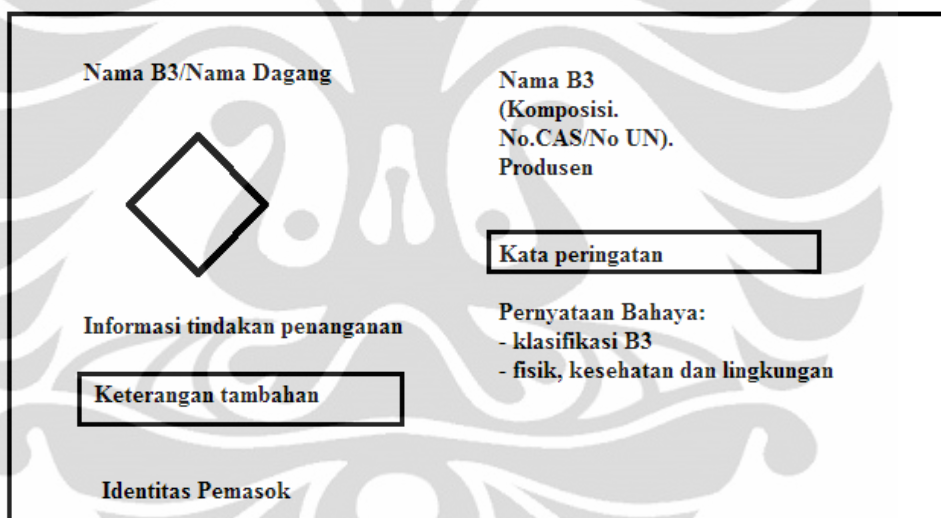
Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Simbol harus dibuat dari bahan yang tahan terhadap air, goresan dan bahan kimia yang akan mengenainya. Warna simbol untuk dipasang di kendaraan

**Universitas Indonesia**

pengangkut bahan berbahaya dan beracun harus dengan cat yang dapat berpendar (*fluorescence*).

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun, label B3 merupakan uraian singkat yang menunjukkan antara lain klasifikasi dan jenis B3. Penggunaan Label B3 tersebut dilakukan dalam kegiatan pengemasan B3. Label berfungsi untuk memberikan informasi tentang produsen B3, identitas B3 serta kuantitas B3. Label harus mudah terbaca, jelas terlihat, tidak mudah rusak, dan tidak mudah terlepas dari kemasannya. Label B3 berbentuk persegi panjang dengan ukuran disesuaikan dengan kemasan yang digunakan, ukuran perbandingannya adalah panjang : lebar = 3:1, dengan warna dasar putih dan tulisan serta garis tepi berwarna hitam.




Gambar 2.14 Label B3

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

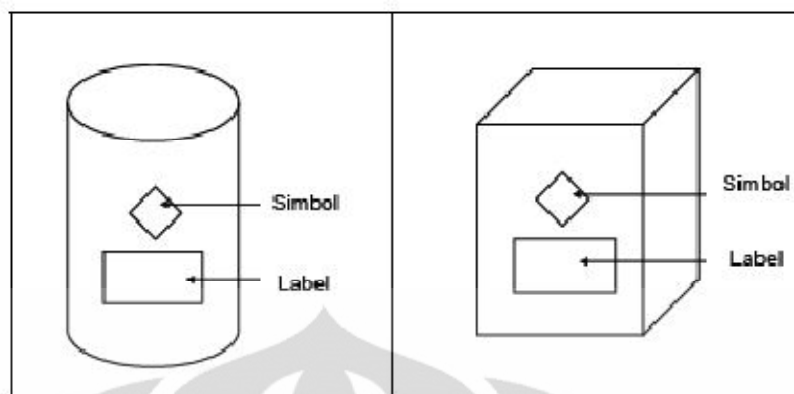
Label diisi dengan huruf cetak yang jelas terbaca, tidak mudah terhapus dan dipasang pada setiap kemasan B3.

Tabel 2.4 Informasi pada Label

No	Jenis Informasi	Penjelasan Pengisian
1	Nama B3; Komposisi, No.CAS/No.UN; Produsen	Nama dagang B3/nama bahan kimia; Komposisi atau formulasi bahan kimia; Informasi lengkap mengenai penghasil.
2		Disesuaikan dengan klasifikasi B3.
3	Kata peringatan	Pilih salah satu “bahaya” atau “awas” sesuai dengan tingkat resiko.
4	Pernyataan bahaya: - Klasifikasi B3 - Fisik, kesehatan - Lingkungan	Menjelaskan symbol secara lebih detail sesuai dengan klasifikasi B3. Misal: sangat mudah menyala, sangat beracun, karsinogenik, dan lain-lain.
5	Informasi penanganan	Prosedur penanganan kecelakaan dan darurat.
6	Keterangan tambahan	Tanggal kadaluarsa; Tujuan penggunaan; Jumlah dan isi kemasan atau kontainer.
7	Identitas pemasok	Informasi lengkap mengenai pemasok.

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

Label B3 dipasang pada kemasan di sebelah bawah simbol dan harus terlihat dengan jelas. Label ini juga harus dipasang pada wadah yang akan dimasukkan ke dalam kemasan yang lebih besar.



Gambar 2.15 Contoh Pemasangan Simbol dan Label

Sumber: PermenLH No.03 Tahun 2008

### 2.6.3 Penyimpanan Limbah B3

Penyimpanan adalah kegiatan menyimpan limbah B3 yang dilakukan oleh penghasil atau pengumpul atau pemanfaat atau pengolah dan/atau penimbun limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara. Berdasarkan pasal 10 PP Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah B3, penghasil limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 paling lambat 90 hari sebelum menyerahkannya kepada pengumpul atau pemanfaat atau pengolah atau penimbun limbah B3. Apabila limbah B3 yang dihasilkan kurang dari 50 kilogram per hari, penghasil limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 lebih dari 90 hari sebelum diserahkan kepada pengumpul atau pemanfaat atau pengolah atau penimbun limbah B3, dengan persetujuan instansi yang bertanggung jawab. Berdasarkan pasal 3 dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 18 Tahun 2009 Tentang Tata Cara Perizinan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, kegiatan penyimpanan sementara limbah B3 wajib memiliki izin dari Bupati/Walikota.

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Ketiga Pasal 29, penyimpanan limbah B3 dilakukan di tempat penyimpanan yang sesuai dengan persyaratan sebagai berikut:

- Lokasi tempat penyimpanan yang bebas banjir, tidak rawan bencana dan di luar kawasan lindung serta sesuai dengan rencana tata ruang; dan
- Rancangan bangunan disesuaikan dengan jumlah, karakteristik limbah B3 dan upaya pengendalian pencemaran lingkungan.

Tempat penyimpanan kemasan B3 adalah bangunan atau dalam bentuk lain yang digunakan untuk menyimpan kemasan B3. Tempat penyimpanan sementara harus dapat menampung jumlah limbah B3 yang akan disimpan untuk sementara. Misalnya suatu kegiatan industri yang menghasilkan limbah B3, harus menyimpan limbah B3 di tempat penyimpanan sementara yang mempunyai kapasitas sesuai dengan kapasitas limbah B3 yang akan disimpan dan memenuhi persyaratan teknis, persyaratan kesehatan, dan perlindungan lingkungan. Setiap tempat penyimpanan kemasan dan alat pengangkutan B3 wajib diberi simbol B3. Penyimpanan dalam jumlah yang banyak dapat dikumpulkan di lokasi pengumpulan limbah. Jenis dan karakteristik B3 akan menentukan bentuk bahan pewadahan yang sesuai dengan sifat limbah B3, sedangkan jumlah timbulan limbah B3 dan periode timbulan menentukan volume yang harus disediakan. Bahan yang digunakan untuk wadah dan sarana lainnya dipilih berdasarkan karakteristik buangan. Contoh untuk buangan yang korosif disimpan dalam wadah yang terbuat dari *fiber glass*. (PT Tenang Jaya Sejahtera, para. 3)

#### 2.6.4 Pengumpulan Limbah B3

Pengumpulan limbah B3 adalah kegiatan mengumpulkan limbah B3 dari penghasil limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara sebelum diserahkan kepada pemanfaat atau pengolah atau penimbun limbah B3. Pengumpul limbah B3 adalah badan usaha yang melakukan kegiatan pengumpulan dengan tujuan untuk mengumpulkan limbah B3 sebelum dikirim ke tempat pengolahan atau pemanfaat atau penimbun limbah B3. Kewajiban pengumpul limbah B3 hampir sama dengan penghasil limbah B3 dalam urusan catatan dan penyimpanan. Kegiatan pengumpulan limbah B3 wajib memiliki izin dari:

- Menteri untuk pengumpulan limbah B3 skala nasional setelah mendapat rekomendasi dari gubernur;
- Gubernur untuk pengumpulan limbah B3 skala provinsi; atau
- Bupati/Walikota untuk pengumpulan limbah B3 skala kabupaten/kota.

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Keempat Pasal 30, kegiatan pengumpulan limbah B3 wajib memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Memperhatikan karakteristik limbah B3;

- Mempunyai laboratorium yang dapat mendeteksi karakteristik limbah B3 kecuali untuk toksikologi;
- Memiliki perlengkapan untuk penanggulangan terjadinya kecelakaan;
- Memiliki konstruksi bangunan kedap air dan bahan bangunan disesuaikan dengan karakteristik limbah B3;
- Mempunyai lokasi pengumpulan yang bebas banjir.

#### 2.6.5 Pengangkutan Limbah B3

Pengangkutan limbah B3 adalah suatu kegiatan pemindahan limbah B3 dari penghasil atau dari pengumpul atau dari pemanfaat atau dari pengolah ke pengumpul atau ke pemanfaat atau ke pengolah atau ke penimbun limbah B3. Setiap pengangkutan limbah B3 oleh pengangkut limbah B3 wajib disertai dokumen limbah B3 yang ditetapkan oleh kepala instansi yang bertanggung jawab.

Berdasarkan penjelasan PP No.85 Tahun 1999 Tentang Perubahan PP No.18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Dokumen limbah B3 adalah surat yang diberikan pada waktu penyerahan limbah B3 oleh penghasil limbah B3 atau pengumpul limbah B3 kepada pengangkut limbah B3. Dokumen limbah B3 tersebut berisi ketentuan sebagai berikut:

- Nama dan alamat penghasil atau pengumpul limbah B3 yang menyerahkan limbah B3;
- Tanggal penyerahan limbah B3;
- Nama dan alamat pengangkut limbah B3;
- Tujuan pengangkutan limbah B3; dan
- Jenis, jumlah, komposisi, dan karakteristik limbah B3 yang diserahkan.

Apabila pengangkutan hanya dilakukan satu kali, dokumen limbah B3 dibuat dalam 7 rangkap. Apabila pengangkutan dilakukan lebih dari satu kali (antar moda), dokumen dibuat dalam 11 rangkap dengan rincian sebagai berikut:

- Lembar asli (pertama) disimpan oleh pengangkut limbah B3 setelah ditandatangani oleh pengirim limbah B3;

- Lembar kedua yang sudah ditandatangani oleh pengangkut limbah B3, oleh pengirim limbah B3 dikirimkan kepada instansi yang bertanggung jawab;
- Lembar ketiga yang sudah ditandatangani oleh pengangkut disimpan oleh pengirim limbah B3;
- Lembar keempat setelah ditandatangani oleh pengirim limbah B3 oleh pengangkut diserahkan kepada penerima limbah B3;
- Lembar kelima dikirimkan oleh penerima kepada instansi yang bertanggung jawab setelah ditandatangani oleh penerima limbah B3;
- Lembar keenam dikirim oleh pengangkut kepada Bupati/Walikota/mayor Kepala Daerah Tingkat II yang bersangkutan dengan pengirim, setelah ditandatangani oleh penerima limbah B3;
- Lembar ketujuh setelah ditandatangani oleh penerima oleh pengangkut dikirimkan kepada pengirim limbah B3; dan
- Lembar kedelapan sampai dengan lembar kesebelas dikirim oleh pengangkut kepada pengirim limbah B3 setelah ditandatangani oleh pengangkut terdahulu dan diserahkan kepada pengangkut berikutnya/antar moda.

Pengangkutan limbah B3 dilakukan dengan alat angkut khusus yang memenuhi persyaratan dengan tata cara pengangkutan yang ditetapkan berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Sarana pengangkutan yang dipakai mengangkut limbah B3 adalah truk, kereta api, atau kapal. Pengangkutan dengan mengemas limbah B3 ke dalam container dengan drum kapasitas 200 liter. Untuk limbah B3 cair jumlah besar digunakan tanker, sedangkan limbah B3 padat digunakan *lugger* box dari baja. Kegiatan pengangkutan limbah B3 wajib memiliki izin dari menteri yang menyelenggarakan urusan di bidang perhubungan setelah mendapat rekomendasi dari menteri.

#### 2.6.6 Pemanfaatan Limbah B3

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Keenam Pasal 33, pemanfaatan limbah B3 adalah suatu kegiatan perolehan kembali (*recovery*) atau

penggunaan kembali (*reuse*) atau daur ulang (*recycle*) yang bertujuan untuk mengubah limbah B3 menjadi suatu produk yang dapat digunakan dan harus juga aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Kewajiban pemanfaat limbah B3 hampir sama dengan penghasil limbah B3 dalam urusan catatan dan penyimpanan. Kegiatan pemanfaatan limbah B3 wajib memiliki izin dari instansi terkait sesuai kewenangannya setelah mendapat rekomendasi dari menteri.

#### 2.6.7 Pengolahan Limbah B3

Pengolahan limbah B3 menurut PP Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun adalah proses mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 agar limbah tersebut menjadi tidak berbahaya dan beracun. Kewajiban pengolah limbah B3 hampir sama dengan penghasil limbah B3 dalam urusan catatan dan penyimpanan. Kegiatan pengolahan dan penimbunan limbah B3 wajib memiliki izin dari Menteri. Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Ketujuh Pasal 34, pemilihan lokasi untuk pengolahan limbah B3 harus memenuhi ketentuan :

- Bebas dari banjir, tidak rawan bencana dan bukan kawasan lindung; dan
- Merupakan lokasi yang ditetapkan sebagai kawasan peruntukan industri berdasarkan rencana tata ruang.

Pengolahan limbah B3 mengacu kepada Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor Kep-03/BAPEDAL/09/1995 tertanggal 5 September 1995 tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Strategi penanganan untuk mengoptimalkan sistem pengelolaan, meliputi:

- *Hazardous waste minimization* adalah mengurangi sampai seminimum mungkin jumlah limbah kegiatan industri.
- Daur ulang dan *recovery* untuk memanfaatkan kembali sebagai bahan baku dengan metoda daur ulang.
- Proses pengolahan untuk mengurangi kandungan unsur beracun sehingga tidak berbahaya dengan cara mengolahnya secara fisik, kimia dan biologis.



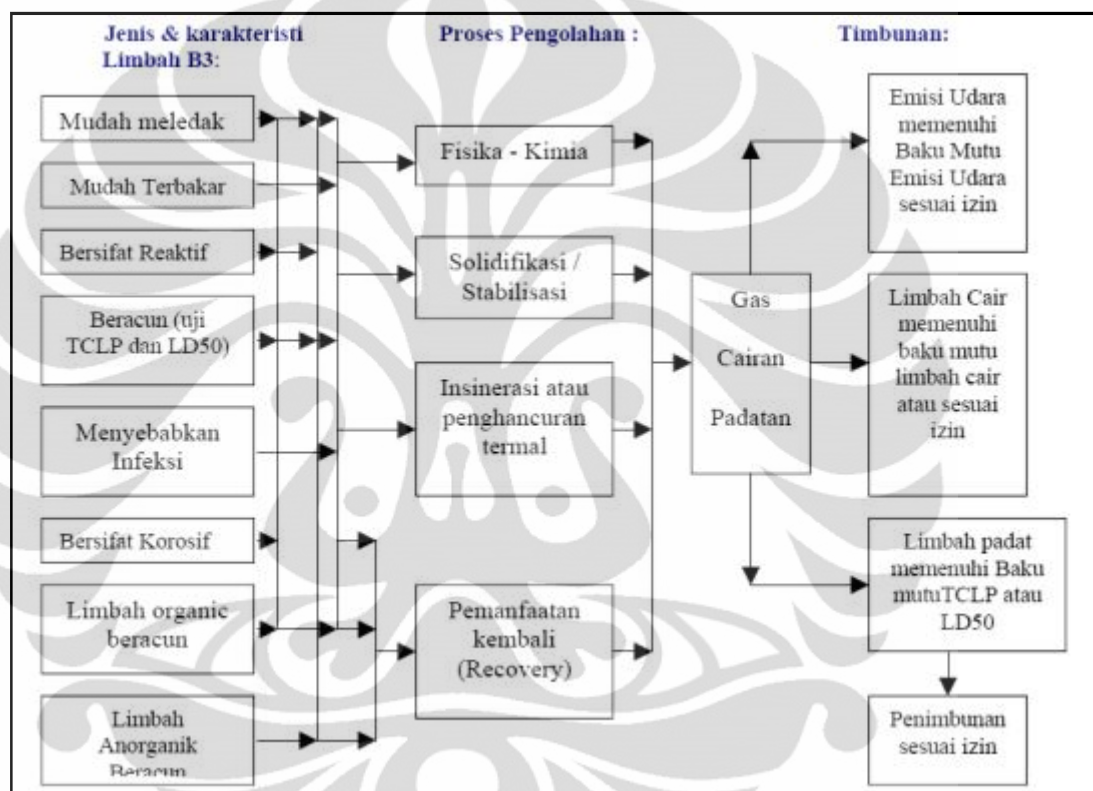
- *Secured landfill* untuk mengkonsentrasikan kandungan limbah B3 dengan fiksasi kimia dan pengkapsulan, untuk selanjutnya dibuang ke tempat pembuangan aman
- Proses detoksifikasi dan netralisasi untuk menetralisasi kadar racun.
- Insinerator yaitu memusnahkan dengan cara pembakaran pada alat pembakar khusus.

Dari hal ini jelas bahwa setiap kegiatan/usaha yang berhubungan dengan B3, baik penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah dan penimbun B3, harus memperhatikan aspek lingkungan dan menjaga kualitas lingkungan tetap pada kondisi semula. Apabila terjadi pencemaran akibat tertumpah, tercecer dan rembesan limbah B3, harus dilakukan upaya optimal agar kualitas lingkungan kembali kepada fungsi semula.

Setiap kegiatan pengelolaan limbah B3 harus mendapatkan perizinan dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota/kabupaten atau Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi atau Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) sesuai dengan kewenangan masing-masing dan setiap aktivitas tahapan pengelolaan limbah B3 harus dilaporkan ke KLH dan juga BLH setempat.

Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara thermal, stabilisasi dan solidifikasi, secara fisika, kimia, biologi dan/atau cara lainnya sesuai dengan perkembangan teknologi. Berdasarkan Penjelasan PP No.18 Tahun 1999, pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi yang sesuai, seperti stabilisasi dan solidifikasi, insinerasi, atau netralisasi. Apabila teknologi tersebut tidak dapat diterapkan, maka harus digunakan teknologi terbaik yang tersedia yang dapat mengolah limbah tersebut seperti pertukaran ion dan membran sel serta teknologi-teknologi lain yang sesuai dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi. Pemilihan proses pengolahan limbah B3, teknologi dan penerapannya didasari atas evaluasi kriteria yang menyangkut kinerja, keluwesan, kehadalan, keamanan, operasi dari teknologi yang digunakan, dan pertimbangan lingkungan. Timbunan limbah B3 yang sudah tidak dapat diolah atau dimanfaatkan lagi harus ditimbun pada lokasi penimbunan (*landfill*) yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Persyaratan yang harus dipenuhi dalam pengolahan limbah B3 meliputi:

- Persyaratan lokasi pengolahan limbah B3
- Persyaratan fasilitas pengolahan limbah B3 yang terdiri dari sistem keamanan fasilitas, sistem pencegahan terhadap kebakaran, sistem pencegahan tumpahan limbah, sistem penanggulangan keadaan darurat, sistem pengujian peralatan, dan pelatihan karyawan.
- Persyaratan penanganan limbah B3 sebelum diolah



Gambar 2.16 Diagram Alternatif Proses Teknologi Pengolahan Limbah B3

Sumber: Lampiran Kep-03/BAPEDAL/09/1995

Limbah B3 hasil olahan harus ditimbun di tempat penimbunan (*landfill*) yang ditetapkan pemerintah atau yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan setelah melalui uji TCLP, uji kuat tekan, dan uji *Paint Filter Test*” dan memenuhi persyaratan kadar TCLP, nilai uji kuat tekan, dan lolos *Paint Filter Test*”.

### 2.6.7.1 Cara Termal (Insinerasi)

Proses pengolahan secara insinerasi bertujuan untuk menghancurkan senyawa B3 yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3. Insinerator adalah alat untuk menghancurkan limbah berupa pembakaran dengan kondisi terkendali. Pembakaran katalitis butanone dan toluene dilakukan pada kisaran temperatur rendah (120-220°C) menggunakan campuran Pt, Ni, Dan Cr sebagai katalis (Lou Dan Chen, 1995). Pemusnahan unsure pokok dalam pencampuran biner lebih besar daripada pemisahan tiap komponen.

Limbah dapat terurai dari senyawa organik menjadi senyawa sederhana seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Insinerasi efektif terutama untuk buangan organik dalam bentuk padat, cair, gas, lumpur aktif, dan lumpur padat. Proses ini tidak biasa digunakan limbah organik seperti lumpur logam berat dan asam anorganik. Insinerasi merupakan metode pengolahan yang sangat tepat untuk limbah patologi, limbah yang mengandung zat karsinogenik-patogenik (Li & Jenq, 1993). Pengolahan secara insinerasi bertujuan untuk menghancurkan senyawa B3 yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3. Ukuran, desain dan spesifikasi insinerator yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik dan jumlah limbah yang akan diolah. Insinerator dilengkapi dengan alat pencegah pencemar udara untuk memenuhi standar emisi. Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Ketujuh Pasal 34, Pengolahan limbah B3 dengan cara thermal dengan meoperasikan insinerator wajib memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Mempunyai insinerator dengan spesifikasi sesuai dengan karakteristik dan jumlah limbah B3 yang diolah;
- Mempunyai insinerator yang dapat memenuhi efisiensi pembakaran minimal 99,99% dan efisiensi penghancuran dan penghilangan sesuai Keputusan Kepala Daerah Bapedal Nomor KEP-03/BAPEDAL/09/1995 sebagai berikut:
  - a. efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Principle Organic Hazard Constituent* (POHCs) 99,99%;

- b. efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Polychlorinated Biphenyl* (PCBs) 99,9999%;
  - c. efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Polychlorinated Dibenzofurans* 99,9999 %; dan
  - d. efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Polychlorinated Dibenso-P-dioxins* 99,9999 %.
- Memenuhi standar emisi udara;
  - Residu dari kegiatan pembakaran berupa abu dan cairan wajib dikelola dengan mengikuti ketentuan tentang pengelolaan limbah B3.

Efisiensi penghancuran dan penghilangan limbah B3 adalah "*Destruction Removal Efficiency* (DRE)". Glasser H. & Chang DPY menyebutkan bahwa emisi dari insinerator harus diperhatikan karena memungkinkan timbulnya logam berat, *polycyclic organic matter*, *low molecular-weight organic compounds*, gas asam, dan bioaerosol (Li & Jenq, 1993, 146). Penentuan standar emisi udara didasarkan pada standar emisi peraturan perundang-undangan yang berlaku bagi parameter konvensional (CO, NO, SO<sub>2</sub>, Hidrokarbon, TSP, Amonia), sedangkan penentuan standar emisi lainnya didasarkan karakteristik limbah B3, jenis insinerator, kualitas udara setempat dan lainnya sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

#### 2.6.7.2 Cara Stabilisasi dan Solidifikasi

Proses stabilisasi/solidifikasi adalah suatu tahapan proses pengolahan limbah B3 untuk mengurangi potensi racun dan kandungan limbah B3 melalui upaya memperkecil/membatasi daya larut, pergerakan/penyebaran dan daya racunnya (*immobilisasi unsure* yang bersifat racun) sebelum limbah B3 tersebut dibuang ke tempat penimbunan akhir (*landfill*). Prinsip kerja stabilisasi/solidifikasi adalah pengubahan watak fisik dan kimiawi limbah B3 dengan cara penambahan senyawa pengikat (*landfill*) sehingga pergerakan senyawa-senyawa B3 dapat dihambat atau terbatas dan membentuk ikatan massa monolit dengan struktur yang kekar (*massive*). Bahan-bahan yang biasa digunakan untuk proses stabilisasi/solidifikasi (bahan aditif) antara lain:

- Bahan pencampur: gypsum, pasir, lempung, abu terbang; dan

- Bahan perekat/pengikat semen, kapur, tanah liat, dan lain-lain.

Proses pengolahan secara stabilisasi/solidifikasi bertujuan untuk mengubah watak fisik dan kimiawi limbah B3 dengan cara penambahan senyawa pengikat B3 agar pergerakan senyawa B3 ini terhambat atau terbatas dan membentuk massa monolit dengan struktur yang kekar. Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Ketujuh Pasal 34, pengolahan limbah B3 dengan cara stabilisasi dan solidifikasi wajib memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Melakukan analisis dengan prosedur ekstraksi untuk menentukan mobilitas senyawa organik dan anorganik (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*); dan
- Melakukan penimbunan hasil pengolahan stabilisasi dan solidifikasi dengan ketentuan penimbunan limbah B3 (*landfill*).

#### 2.6.7.3 Cara Fisika atau Kimia

Proses pengolahan secara fisika dan kimia bertujuan untuk mengurangi daya racun limbah B3 atau menghilangkan sifat/karakteristik limbah B3 dari berbahaya menjadi tidak berbahaya. Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Ketujuh Pasal 34, pengolahan limbah B3 secara fisika atau kimia yang menghasilkan limbah cair dan limbah padat, dimana keduanya wajib memenuhi ketentuan tentang pengelolaan limbah B3.

Perlakuan terhadap limbah B3 dapat dilakukan dengan proses pengolahan sebagai berikut:

- Proses pengolahan secara kimia antara lain;
  - a. Reduksi – Oksidasi,
  - b. Elektrolisis,
  - c. Netralisasi,
  - d. Presipitasi/Pengendapan,
  - e. Solidifikasi/Stabilisasi,
  - f. Absorpsi,
  - g. Penukar Ion,
  - h. Pirolisa
- Proses pengolahan secara fisika antara lain:

- a. Pembersihan gas, yaitu elektrostatis presipitator, penyaringan partikel, *wet scrubbing*, dan adsorpsi dengan karbon aktif;
- b. Pemisahan cairan dan padatan, yaitu sentrifugasi, klarifikasi, koagulasi, filtrasi, flokulasi, flotasi, sedimentasi, dan *thickening*; dan
- c. Penyisihan komponen-komponen yang spesifik, yaitu adsorpsi, kristalisasi, dialisis, elektrodialisa, evaporasi, *leaching*, *reverse osmosis*, *solvent extraction*, dan *stripping*.

#### 2.6.7.4 Netralisasi

Proses netralisasi diperlukan apabila kondisi limbah masih berada di luar baku mutu limbah, yaitu pH 6-8. Netralisasi dilakukan dengan mencampur limbah yang bersifat asam dengan limbah yang bersifat basa. Pencampuran dilakukan dalam suatu bak equalisasi atau tangki netralisasi. Limbah ditempatkan dalam wadah penetralan, apabila berbentuk padatan dilarutkan dengan air. Selanjutnya dilakukan pengadukan, elektroda pH-meter dicelupkan dan diamati harga pH yang ditunjukkan. Bahan penetral yang sesuai (asam atau basa) ditambahkan dalam jumlah yang tepat (hasil uji laboratorium). Netralisasi dengan bahan kimia dilakukan dengan menambahkan bahan yang bersifat asam kuat atau basa kuat. Air limbah yang bersifat asam umumnya dinetralkan dengan larutan kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), soda kostik ( $\text{NaOH}$ ) atau natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Air limbah yang bersifat basa dinetralkan dengan asam kuat seperti asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), HCl atau dengan memasukkan gas  $\text{CO}_2$  melalui bagian bawah tangki netralisasi. (Arda, para. 11) Selain dengan pH-meter dapat pula digunakan larutan indikator misalnya, merah metal atau merah netral.

#### 2.6.7.5 Pengendapan

Apabila konsentrasi logam berat di dalam air limbah cukup tinggi, maka logam dapat dipisahkan dari limbah dengan jalan pengendapan menjadi bentuk hidroksidanya. Hal ini dilakukan dengan larutan kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) atau soda kostik ( $\text{NaOH}$ ) dengan memperhatikan kondisi pH akhir dari larutan. Pengendapan

optimal akan terjadi pada kondisi pH dimana hidroksida logam tersebut mempunyai nilai kelarutan minimum. (Arda, para. 11)

#### 2.6.7.6 Koagulasi/Flokulasi

Limbah ditempatkan dalam wadah pengolahan., ditambahkan asam/basa sambil diaduk sampai diperoleh nilai pH optimal untuk proses pengendapan. Sejumlah berat/volum tertentu bahan-bahan pengendap atau koagulan/flokulan yang sesuai ditambahkan sambil terus diaduk cepat (300 rpm) selama 5 menit, kemudian pengadukan dikurangi menjadi 50 rpm selama 15 menit. Pengadukan dihentikan dan biarkan endapan mengendap sempurna (4-8 jam). Larutan jernih pada bagian atas dicuplik, kemudian dilakukan uji pengendapan apakah sudah sempurna. endapan dipisahkan untuk diimobilisasi. Larutan jernih dicek apakah memenuhi syarat untuk didispersi ke lingkungan. Bahan koagulan yang dapat digunakan antara lain: tawas aluminium  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ , poli aluminium klorida (PAC),  $\text{FeCl}_3$ , tawas ferri  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ , atau dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}$ .

#### 2.6.7.7 Adsorpsi dengan Karbon Aktif

Limbah cair diumpankan melalui kolom sorpsi berisi karbon aktif/*granular activated carbon* (berat karbon aktif, volume dan debit limbah, disesuaikan dengan jenis polutan yang akan diserap, berdasarkan data dalam literatur atau uji lab). Cek apakah konsentrasi polutan dalam efluen limbah telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah.

#### 2.6.7.8 Oksidasi-Reduksi

Proses ini bertujuan mengubah sifat toksik limbah dengan penambahan bahan pengoksidasi untuk terjadinya perubahan kimia komponen-komponen limbah. Sebagai contoh molekul organik dapat dirubah menjadi karbon dioksida dan air atau menjadi suatu senyawa antara yang kurang toksik dibandingkan strukturnya semula. Selanjutnya senyawa antara ini dapat diolah lebih lanjut dengan metoda pengolahan biologi.

Lakukan karakterisasi terhadap limbah yang belum diketahui bersifat reduktor atau oksidator sesuai prosedur karakterisasi. Tempatkan limbah dalam wadah pengolahan dan lakukan pengadukan sambil ditambahkan bahan pendukung agar dicapai kondisi optimal (misalnya kondisi asam atau basa). Tambahkan bahan oksidator/reduktor yang sesuai jenis dan jumlahnya. Jika diperlukan, lakukan penyinaran dengan lampu ultra violet ataupun pemanasan sampai temperatur tertentu selama proses oksidasi.

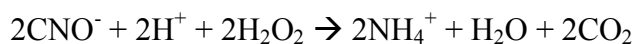
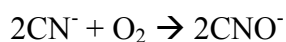
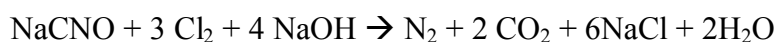
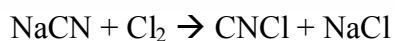
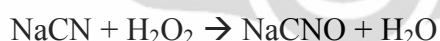
Tabel 2.5 Daftar Bahan Oksidator dan Reduktor untuk Mengolah Limbah

Oksidator	Limbah
Klorin; Cl <sub>2</sub> , OCl <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup> , CNO <sup>-</sup> , Fe <sup>2+</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CN <sup>-</sup> , sulfida, sulfur
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -UV	Diklorometana
Ozon (O <sub>3</sub> )	Fenol, sianida, alkena
KMnO <sub>4</sub> ;	Sulfida
O <sub>2</sub>	Formaldehida, sianida
Reduktor	Limbah
Sulfit (SO <sub>3</sub> ), Sulfur dioksida (SO <sub>2</sub> )	Cr <sup>6+</sup>
FeSO <sub>4</sub>	Cr <sup>6+</sup>
Na-borohidrida	TEL ( <i>tetra ethyl lead</i> )
<i>Scrap iron</i> (Fe)	Cu <sup>2+</sup>

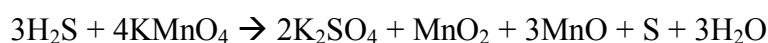
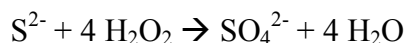
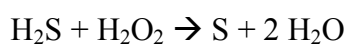
Sumber: Soemantojo (2002)

Reaksi-reaksi oksidasi komponen limbah B3:

Sianida

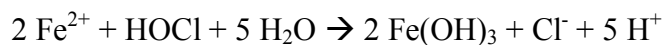


Sulfida

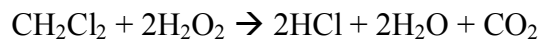




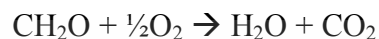
Besi II



Diklorometana



Formaldehida



#### 2.6.7.9 Pertukaran Ion

Dengan proses ini ion-ion beracun dapat diikat oleh resin untuk kemudian diimobilisasi. Larutan asam/basa ditambahkan ke dalam limbah untuk mencapai pH optimum, kemudian limbah tersebut dilewatkan kolom resin *mixed-bed* ataupun kolom resin kation dan anion yang disusun seri. Apakah efluen dicek sudah memenuhi baku mutu air limbah untuk didispersi ke lingkungan. Kondisi kejenuhan resin diamati secara berkala dan imobilisasi resin dilakukan jika telah jenuh.

#### 2.6.8 Penimbunan Limbah B3

Penimbunan limbah B3 adalah suatu kegiatan menempatkan limbah B3 pada suatu fasilitas penimbunan dengan maksud tidak membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Kewajiban penimbun limbah B3 hampir sama dengan penghasil limbah B3 dalam urusan catatan dan penyimpanan.

Berdasarkan PP No.18 Tahun 1999 Bab IV Bagian Kedelapan Pasal 36, lokasi penimbunan limbah B3 wajib memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Bebas dari banjir;
- Permeabilitas tanah maksimum  $10^{-7}$  cm per detik;  
Untuk jenis-jenis limbah B3 yang LD 50-nya lebih besar dari 50 mg/kg berat badan dapat dilakukan penimbunan pada lokasi dengan permeabilitas tanah maksimum  $10^{-5}$  cm per detik.
- Merupakan lokasi yang ditetapkan sebagai lokasi penimbunan limbah B3 berdasarkan rencana tata ruang;

- Merupakan daerah yang secara geologis dinyatakan aman, stabil tidak rawan bencana dan di luar kawasan lindung; dan
- Tidak merupakan daerah resapan air tanah, khususnya yang digunakan untuk air minum.

Penimbunan limbah B3 wajib menggunakan sistem pelapis yang dilengkapi dengan saluran untuk pengaturan aliran air permukaan, pengumpulan air lindi dan pengolahannya, sumur pantau dan lapisan penutup akhir yang telah disetujui oleh instansi yang bertanggung jawab. Penimbunan dalam ketentuan ini merupakan rangkaian kegiatan pengolahan. Penimbunan hasil pengolahan limbah B3 adalah tindakan membuang dengan cara penimbunan, dimana penimbunan tersebut dirancang sebagai tahap akhir dari pengolahan limbah B3 sesuai dengan karakteristik limbah B3 tersebut. Pelapis pelindung adalah lapisan yang dibangun untuk mencegah terpaparnya limbah B3 atau air lindi dari limbah B3 ke lingkungan, pelapis pelindung dapat berupa *synthetic liner* atau *compacted clay* atau lapisan lain yang setara yang memiliki permeabilitas yang sama. Pelapisan pelindung dapat diberikan dengan *double liner* dan atau satu *liner* atau hanya dengan *compacted clay* sesuai dengan standar penimbunan limbah B3 yang ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab.

Penghentian kegiatan penimbunan limbah B3 oleh penimbun wajib mendapatkan persetujuan tertulis dari Kepala instansi yang bertanggung jawab. Persetujuan penghentian penimbunan merupakan penghentian operasi (penutupan penimbunan) setelah diketahui lokasi tersebut tidak terkontaminasi. Hal yang wajib dipenuhi terhadap lokasi penimbunan limbah B3 atau lokasi bekas penimbunan (*post closure*) yang telah dihentikan kegiatannya adalah sebagai berikut:

- Menutup bagian paling atas tempat penimbunan dengan tanah setebal minimum 0,60 meter;
- Melakukan pemagaran dan memberi tanda tempat penimbunan limbah B3;
- Melakukan pemantauan kualitas air tanah dan menanggulangi dampak negatif yang mungkin timbul akibat keluarnya limbah B3 ke lingkungan, selama minimum 30 tahun terhitung sejak ditutupnya seluruh fasilitas penimbunan limbah B3; dan

- Peruntukan lokasi penimbun yang telah dihentikan kegiatannya tidak dapat dijadikan pemukiman atau fasilitas umum lainnya, seperti fasilitas olah raga, pendidikan, rumah sakit, rekreasi, dan lain-lain.

#### 2.6.9 Pembuangan Bahan Kimia Khusus

Seluruh limbah bahan kimia tidak boleh dibuang langsung ke saluran drainase. Beberapa bahan kimia memiliki penanganan khusus sebelum dibuang ke saluran. Berikut merupakan contoh bahan kimia yang memiliki penanganan khusus sebelum dibuangnya (Soemantojo, 2002).

- Halida asam organik (asetil klorida, benzoil klorida, asetil bromida)  
Campur limbah bahan kimia ini dengan  $\text{NaHCO}_3$  dalam wadah gelas atau plastik, lalu tambahkan air dalam jumlah banyak sambil diaduk. Setelah itu, limbah bahan kimia ini baru dapat dibuang ke dalam bak air diikuti banyak air.
- Senyawa halida  
Campur limbah bahan kimia ini dengan  $\text{NaHCO}_3$  dalam wadah penguap, lalu semprot dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$  6M dan aduk serta tambah es untuk mendinginkan hasil reaksi. Setelah habis uap  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , tambah air dan aduk. Netralkan dengan  $\text{HCl}$  sebelum dibuang bersama-sama air.
- Aldehida (akrolein, kloral, furfural, paraldehida)
  - a. Serap bahan kimia ini dengan absorben kemudian bakar secara terbuka atau dalam insinerator.
  - b. Larutkan dalam aseton atau benzena, bakar dalam insinerator.
- Halida organik dan senyawanya (aldrin, klordan, dieldrin, lindane, *tetra ethyl lead*, vinil klorida)
  - a. Tuangkan kedalam  $\text{NaHCO}_3$  atau campuran pasir dan  $\text{NaOH}$  9:1. diaduk seksama dan pindahkan ke dalam insinerator.
  - b. Larutkan kedalam pelarut organik mudah terbakar (aseton, benzena) kemudian bakar dalam insinerator.
- Asam organik tersubstitusi (asam benzen sulfonat, asam kloroasetat, asam trikloroasetat, asam fluoroasetat)

- a. Tuangkan kedalam  $\text{NaHCO}_3$  berlebihan, campur dan tambahkan air. Biarkan 24 jam kemudian buang perlahan-lahan bersama sejumlah air.
  - b. Tuangkan kedalam absorben dalam insinerator. Tutup dengan sisa kayu atau kertas, siram dengan alkohol bekas dan bakar.
  - c. Larutkan dalam pelarut mudah terbakar atau sisa alkohol. Bakar dalam insinerator.
- Amin aromatik terhalogenasi dan senyawa nitro (diklorobenzena, dinitroanilin, endrin, metil isotiosianat, nitrobenzene, nitrofenol)
    - a. Serap dengan kertas, uapkan dalam lemari asap dan bakar.
    - b. Serap dengan pasir +  $\text{NaHCO}_3$ , campur dengan potongan kertas dan bakar dalam insinerator.
    - c. Dibakar langsung dalam insinerator dilengkapi *scrubber*.
    - d. Campur dengan pelarut mudah terbakar (alkohol, benzena) dan bakar dalam insinerator.
  - Senyawa amin aromatik (anilin, benzidin [karsinogenik], piridin)
    - a. Serap dengan campuran pasir dan  $\text{NaOH}$  9:1, aduk dan campur dengan potongan kertas kemudian bakar dalam insinerator.
    - b. Larutkan dalam pelarut mudah terbakar (alkohol, benzena) dan bakar dalam insinerator.
  - Fosfat organik dan sejenisnya (malation, metil paration, paration, tributil fosfat)
    - a. Campur dengan pelarut mudah terbakar (alkohol, benzena) dan bakar dalam insinerator.
    - b. Campur dengan kertas bekas dan bakar dalam insinerator dilengkapi *scrubber* alkali.
  - Basa alkali dan amonia  
Tuangkan dalam bak dan encerkan dengan air serta netralkan. Buang dalam pembuangan air biasa.
  - Bahan kimia oksidator  
Tambahkan sejumlah pereduksi (hipo, bisulfit atau ferosulfat yang ditambah  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . biarkan reaksi selesai dan netralkan dengan  $\text{NaOH}$  atau  $\text{HCl}$ . Buang dengan banyak air.

- Bahan kimia reduktor  
Campur dengan NaOH 1:1, tambah air sampai membentuk *slurry*. Tambahkan kalsium hipoklorit dan air, biarkan selama 2 jam. Netralkan kemudian buang dalam saluran air.
- Sianida dan nitril
  - a. Sianida ditambahkan ke dalam larutan basa dari kalsium hipoklorit berlebih. Biarkan 24 jam dan buang ke dalam pembuangan air.
  - b. Nitril ditambahkan ke dalam campuran NaOH-alkohol untuk membentuk sianat, biarkan 1 jam. Uapkan alkohol. Tambah kedalam residu sianat sejumlah larutan basa kalsium hipoklorit berlebih. Buang ke pembuangan air setelah dibiarkan 24 jam.
- Eter  
Siramkan ke atas tanah terbuka, biarkan menguap dan bakar dari jarak jauh dengan berhati-hati
- Hidrokarbon, alkohol dan ester (benzena, antrasena, fenol, sikloheksan, toluene, metil-akrilat, minyak mentah)  
Campurkan bahan berupa cairan dengan pelarut yang lebih mudah terbakar dalam insinerator. Bahan padatan dicampur kertas kemudian dibakar dalam insinerator.
- Asam organik  
Bahan cairan ataupun padat dicampur dengan pelarut organik yang mudah terbakar kemudian dibakar dalam insinerator.
- Asam anorganik  
Tambahkan kedalam sejumlah besar NaOH dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . buang campuran ke saluran air mengalir.

## 2.7 Dampak Limbah B3

Limbah B3 mempunyai karakteristik mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, dan bersifat korosif. Terdapat lebih dari 100.000 jenis senyawa kimia yang umum digunakan masyarakat. Ratusan di antaranya digolongkan ke dalam kelompok limbah B3 yang dalam

jangka pendek dan jangka panjang dapat mengganggu kesehatan manusia dan merusak lingkungan. Mengingat bahwa limbah B3 merupakan bahan yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia, maka pemahaman mengenai dampak negatif limbah B3 terhadap lingkungan dan kesehatan manusia harus dimiliki oleh masyarakat. Hal ini penting agar masyarakat dapat bersikap lebih cermat dan berhati-hati dalam menggunakan, membuang dan mengelola limbah B3. (Darmiati, para. 2)

Limbah B3 masuk ke lingkungan melalui media air, tanah, udara, dan hewan/biota yang mempengaruhi secara kontinyu dan tidak kontinyu, bertahap dan seketika, teratur dan tidak teratur. Limbah B3 meracuni makhluk hidup melalui rantai makanan, sehingga menyebabkan organisme (tumbuhan, hewan, dan manusia) terpapar oleh zat-zat beracun.

Dengan karakteristik yang dimilikinya, B3 mempengaruhi kesehatan manusia, baik langsung (akibat ledakan, kebakaran, reaktif, dan korosif) maupun tidak langsung (toksik akut dan kronis).

Zat toksik yang dihasilkan oleh limbah B3 masuk ke tubuh manusia melalui:

- Oral yaitu melalui mulut dan kemudian saluran pencernaan, sulit mencapai peredaran darah. Daya racun suatu bahan tergantung pada beberapa faktor, yaitu:
  - a. Banyaknya bahan, suatu bahan dikatakan beracun jika kurang dari 10 gram dapat menimbulkan kelainan pada manusia;
  - b. Laju kecepatan sejauh mana bahan-bahan kimia terabsorpsi dan masuk kedalam aliran darah;
  - c. Kecepatan sejauh mana bahan-bahan kimia secara transformasi biologi dalam tubuh menjadi produk-produk lain; dan
  - d. Laju kecepatan sejauh mana bahan-bahan kimia atau hasil transformasi biologis diekresi ke tempat-tempat pembuangan (feses, urine, keringat).
- Inhalasi yaitu melalui saluran pernapasan, bersifat cepat memasuki peredaran darah. Gas yang terhisap dapat diabsorpsi dan juga dapat dengan mudah dikeluarkan oleh paru-paru jika tidak terikat pada jaringan. Gas yang

lebih sulit diatasi adalah kabut (*suspense*) atau debu (*suspense partikel* di udara).

- Dermal yaitu melalui kulit sehingga mudah masuk ke dalam peredaran darah. Permukaan kulit dilapisi oleh lemak. Bahan beracun yang hidrofil akan sukar menembus masuk dalam kulit. Bahan beracun yang lipofil akan mudah menembus masuk dalam kulit, karena lipofil mudah menembus lapisan lemak yang ada di permukaan kulit. Senyawa yang dapat menembus permukaan kulit diantaranya fenol (menyebabkan keratolisis, yang merusak kulit), asam kuat ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), basa kuat (NaOH, dan sebagainya), amina organik (beta naftil amin-bahan pembuat warna) yang harus diubah terlebih dahulu menjadi senyawa yang hidrofil.
- Peritonal yaitu melalui suntikan, langsung memasuki peredaran darah.

Ada 4 proses yang dialami bahan beracun di dalam organisme, yaitu absorpsi, distribusi, metabolisme dan sekresi. Untuk mengetahui efek negatif bahan toksikan tersebut di dalam tubuh, perlu diketahui perihal zat toksik dan sistem biologis manusia serta interaksi antara keduanya. Zat toksik akan dibawa oleh darah dan didistribusikan ke seluruh tubuh dan kemudian mengganggu organ tubuh antara lain keracunan neurotoksik, zat toksik akan dibawa menuju otak, atau zat toksik akan ditimbun dan diproses pada jaringan lemak, otot, tulang, syaraf, liver, pankreas, usus dan kemudian setelah melalui proses, sisanya akan disekresikan ke luar tubuh.

Pengaruh limbah B3 terhadap makhluk hidup, khususnya manusia terdiri atas 2 kategori yaitu:

- Efek akut  
Efek akut yaitu efek yang disebabkan oleh korelasi langsung dengan absorpsi zat. Efek akut dapat menimbulkan akibat berupa kerusakan susunan syaraf, kerusakan sistem pencernaan, kerusakan sistem kardio vaskuler, kerusakan sistem pernafasan, kerusakan pada kulit, dan kematian.
- Efek kronis  
Efek kronis yaitu efek yang diakibatkan oleh zat dalam jumlah kecil yang terabsorpsi setiap kali dalam jangka waktu yang lama. Efek ini dapat menimbulkan efek karsinogenik (pendorong terjadinya kanker), efek

mutagenik (pendorong mutasi sel tubuh), efek teratogenik (pendorong terjadinya cacat bawaan), dan kerusakan sistem reproduksi.

Bagian organ tubuh yang terkena pengaruh adalah ginjal (umumnya disebabkan zat toksik kadmium), tulang (umumnya disebabkan zat toksik benzene), otak (umumnya disebabkan zat toksik *methyl mercury*), liver (umumnya disebabkan zat toksik karbon-*tetrachlorida*), paru-paru (umumnya disebabkan zat toksik paraquat), mata (umumnya disebabkan zat toksik *khloroquin*). Selain itu, dikenal juga efek yang mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi.





## **BAB 3**

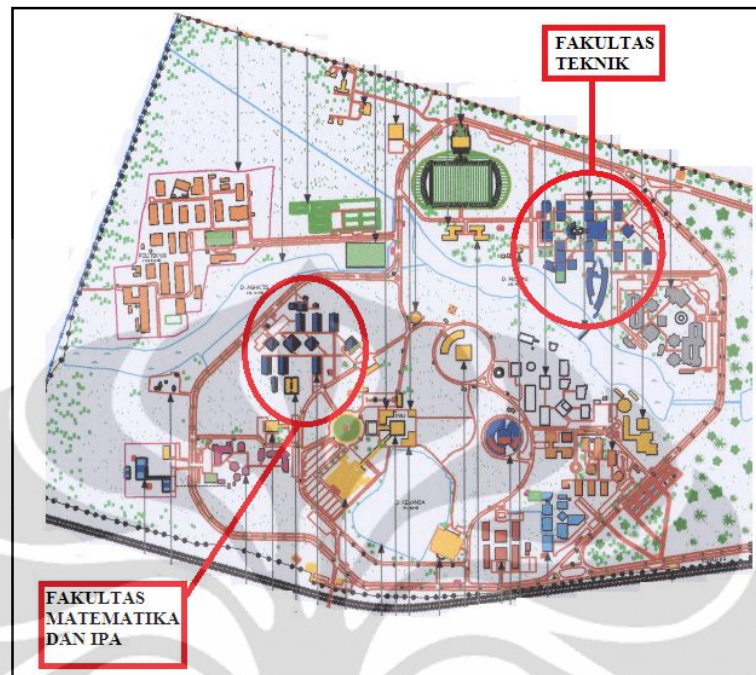
### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendekatan Penelitian**

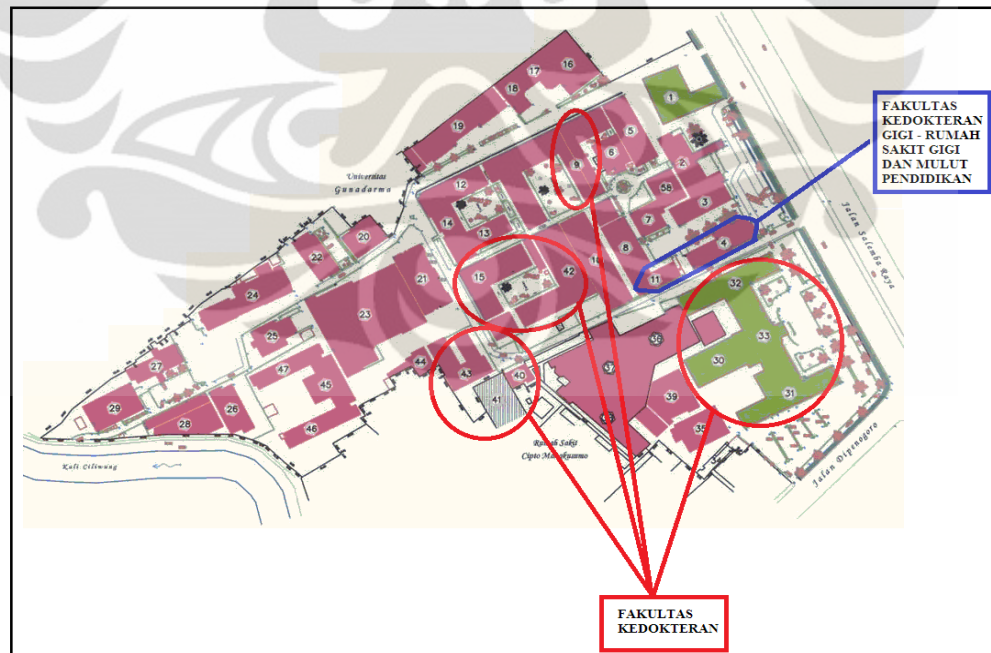
Pendekatan penelitian yang akan digunakan adalah penelitian kualitatif deskriptif. Pendekatan kualitatif deskriptif digunakan untuk membuat gambaran atau deskriptif tentang suatu keadaan secara obyektif, dimana dalam hal ini adalah mendeskripsikan karakteristik limbah B3 di Universitas Indonesia dan sistem pengelolaan yang diterapkan di Universitas Indonesia.

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di beberapa laboratorium di beberapa departemen pada 4 fakultas di Universitas Indonesia, yaitu di Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan IPA, Fakultas Kedokteran, dan Fakultas Kedokteran Gigi, dan satu rumah sakit pendidikan di Fakultas Kedokteran Gigi. Lokasi ini dipilih karena berpotensi menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun. Selain itu, pemilihan fakultas-fakultas tersebut didasarkan pada perencanaan Universitas Indonesia yang akan memindahkan Fakultas Kedokteran dan Fakultas Kedokteran Gigi dari Salemba menuju Depok. Di setiap fakultas yang diteliti, tidak seluruh departemen dan laboratorium yang dilakukan penelitian melainkan hanya beberapa departemen dan laboratorium. Hal ini disebabkan karena keterbatasan waktu yang tersedia dalam pengambilan data penelitian. Oleh karena itu, dengan adanya keterbatasan ini diharapkan akan adanya penelitian lebih lanjut yang dapat melengkapi penelitian ini. Pemilihan departemen dan laboratorium pada penelitian kali ini lebih diutamakan kepada adanya potensi penggunaan bahan berbahaya dan beracun yang dilakukan secara intensif setiap tahunnya. Jika dilihat dari jumlah laboratorium, lokasi penelitian yang dipilih memiliki sebanyak 30 laboratorium dan 1 rumah sakit gigi dan mulut pendidikan dengan uraian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian di Universitas Indonesia, Depok  
 Sumber: <http://www.ui.ac.id> yang telah diolah kembali



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian di Universitas Indonesia, Salemba  
 Sumber: <http://www.ui.ac.id> yang telah diolah kembali

### 3.2.1 Fakultas Teknik

Lokasi penelitian yang dilakukan di Fakultas Teknik terdiri dari 3 laboratorium dari 2 departemen, yaitu:

- Departemen Teknik Sipil
  - a. Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan
  - b. Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan
- Departemen Teknik Kimia
  - a. Laboratorium Dasar Proses Kimia (DPK)

### 3.2.2 Fakultas Matematika dan IPA

Lokasi penelitian yang dilakukan di Fakultas Matematika dan IPA terdiri dari 8 laboratorium dari 2 departemen, yaitu:

- Departemen Farmasi
  - a. Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE)
- Departemen Kimia
  - a. Laboratorium Biokimia
  - b. Laboratorium Instrumentasi
  - c. Laboratorium Kimia Analisis
  - d. Laboratorium Kimia Anorganik
  - e. Laboratorium Kimia Dasar
  - f. Laboratorium Kimia Fisik
  - g. Laboratorium Kimia Organik

### 3.2.3 Fakultas Kedokteran

Lokasi penelitian yang dilakukan di Fakultas Kedokteran terdiri dari 17 laboratorium dari 6 departemen, yaitu:

- Departemen Parasitologi
  - a. Laboratorium Terpadu
  - b. Laboratorium Mikologi
  - c. Laboratorium Malaria

- d. Laboratorium Pendidikan S1
- e. Laboratorium Pendidikan S2
- Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler
  - a. Laboratorium Biologi Molekuler
  - b. Laboratorium Pelayanan Masyarakat
  - c. Laboratorium Pendidikan
  - d. Laboratorium Stress Oksidatif, Protein, dan Kultur Sel
- Departemen Patologi Anatomi
  - a. Laboratorium Histokimia
  - b. Laboratorium Histopatologi
  - c. Laboratorium Immunopatologi
  - d. Laboratorium Patologi Eksperimental
  - e. Laboratorium Sitopatologi
- Departemen Biologi Kedokteran - Laboratorium Biologi Kedokteran
- Departemen Kimia Kedokteran - Laboratorium Kimia Kedokteran
- Departemen Histologi - Laboratorium Histologi

#### 3.2.4 Fakultas Kedokteran Gigi dan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan

Lokasi penelitian yang dilakukan di Fakultas Kedokteran Gigi dan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan, terdiri dari 2 laboratorium dan 1 rumah sakit, yaitu:

- Laboratorium Material Kedokteran Gigi
- Laboratorium Radiologi
- Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan

### 3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian tidak hanya dilaksanakan pada saat pelaksanaan kegiatan-kegiatan di laboratorium atau rumah sakit, tetapi juga dilaksanakan pada waktu di luar pelaksanaan kegiatan-kegiatan di laboratorium atau rumah sakit karena melihat pengambilan data yang tidak terikat sepenuhnya pada waktu pelaksanaan kegiatan tersebut. Berikut merupakan jadwal kegiatan penelitian ini:

**Universitas Indonesia**

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

Nama Kegiatan	Waktu Kegiatan																			
	Desember				Januari				Februari				Maret				April			
	Minggu ke-																			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mengurus Perizinan	■	■	■	■																
Survey lapangan data sekunder	■	■	■	■																
Pengambilan data																				
• FMIPA					■	■														
• FKG								■	■											
• FK									■	■	■	■								
• FT													■	■						
Analisa data																				
• FMIPA					■	■														
• FKG								■	■											
• FK									■	■	■	■								
• FT													■	■						
• secara keseluruhan															■	■				
Rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 (pengumpulan, penyimpanan sementara, pengelolaan)																	■	■		
Laporan dan revisi					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2010

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang mempengaruhi dalam suatu penelitian mencakup variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas merupakan faktor yang menjadi pokok permasalahan yang ingin diteliti. Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas yang diberikan dan diukur untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis kegiatan, waktu kegiatan, jumlah aktivitas atau penghasil limbah B3 di tiap laboratorium atau unit rumah sakit. Variabel terikat

dalam penelitian ini adalah karakteristik timbulan berdasarkan jenis limbah padat dan limbah cair, dan rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 yang meliputi pengumpulan, penyimpanan sementara, dan pengolahan limbah B3 tertentu.

### **3.5 Populasi dan Sampel Penelitian**

Populasi dari penelitian ini adalah seluruh limbah bahan berbahaya dan beracun yang berasal dari seluruh kegiatan laboratorium dan rumah sakit pendidikan pada seluruh fakultas di Universitas Indonesia. Sampel yang diambil adalah limbah padat dan limbah cair B3 yang dihasilkan dari kegiatan di tiap laboratorium yang berpotensi menghasilkan limbah B3 pada 4 fakultas di Universitas Indonesia.

Fakultas yang menjadi titik sampel adalah Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan IPA, Fakultas Kedokteran, dan Fakultas Kedokteran Gigi.

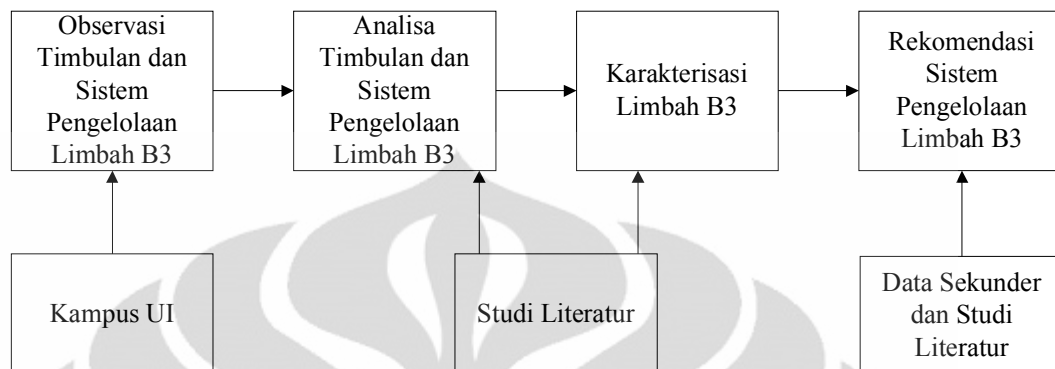
### **3.6 Kerangka Berpikir Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang karakteristik limbah B3 di UI yang selanjutnya akan dipakai untuk merencanakan sistem pengelolaan limbah B3 di Universitas Indonesia. Sistem pengelolaan limbah B3 direncanakan sebagai upaya untuk melakukan penanganan terhadap limbah B3 yang dihasilkan.

Data awal yang dibutuhkan meliputi gambaran umum dan rencana pengembangan Kampus Universitas Indonesia. Selanjutnya ditentukan fakultas yang berpotensi menggunakan atau menghasilkan limbah B3.

Data yang paling penting dalam penelitian ini adalah data yang berkaitan tentang limbah B3 yang dihasilkan dan kadaluarsa, serta sistem pengelolaan yang telah diterapkan. Data ini digunakan untuk melakukan karakterisasi dan perancangan sistem pengelolaan limbah B3 yang hanya sebatas pada penyimpanan limbah B3. Untuk mendapatkan data ini dilakukan survei lapangan dan wawancara. Setelah didapatkan data tersebut, dilakukan analisis karakterisasi dan sistem pengelolaan berdasarkan studi literatur.

Untuk lebih jelasnya, kerangka berpikir penelitian digambarkan dalam bagan berikut ini:



Gambar 3.3 Kerangka Berpikir Perencanaan Pengelolaan Limbah B3

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2010

### 3.7 Data dan Analisa Data

#### 3.7.1 Pengumpulan Data

Data yang akan diambil meliputi data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini adalah jenis kegiatan dan waktu kegiatan di dalam laboratorium atau unit rumah sakit pendidikan, luas dan daya tampung laboratorium atau rumah sakit pendidikan, bahan-bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun yang digunakan, proses yang terjadi, bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan, bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun yang kadaluarsa, bekas kemasan bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun, dan pengelolaan limbah padat dan limbah cair bahan berbahaya dan beracun yang telah diterapkan. Data sekunder dalam penelitian ini adalah nama-nama laboratorium di Universitas Indonesia, peta lokasi, luas lahan kampus Universitas Indonesia, tata guna lahan, dan rencana pengembangan Kampus Universitas Indonesia.

Metode pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka. Metode observasi dilakukan dengan melengkapi dengan format atau blangko pengamatan sebagai

alat, meliputi data tentang kegiatan yang berlangsung di tiap laboratorium. Metode wawancara dilakukan dengan kuisioner atau tanya jawab atau wawancara langsung kepada pekerja di tiap laboratorium guna mendapatkan informasi tentang limbah padat dan limbah cair bahan berbahaya dan beracun dari hasil kegiatan. Metode dokumentasi yang digunakan adalah dengan pengumpulan arsip mengenai data bahan yang berpotensi menjadi limbah bahan berbahaya dan beracun yang terdapat di tiap laboratorium. Metode studi pustaka digunakan untuk mengolah data dan informasi yang didapatkan selama proses penelitian berlangsung.

Tahapan pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mencari informasi mengenai sistem pengelolaan limbah B3 yang telah dan/atau akan diterapkan di Universitas Indonesia. Informasi ini didapatkan dengan metode wawancara melalui Manajer Fasilitas Umum di Rektorat Universitas Indonesia.
- Mencari informasi mengenai rencana pengembangan Kampus Universitas Indonesia.
- Menentukan lokasi studi dengan melihat potensi penggunaan bahan berbahaya dan beracun, sehingga dipilih 4 fakultas, yaitu Fakultas Teknik, Fakultas MIPA, Fakultas Kedokteran Gigi, dan Fakultas Kedokteran.
- Menentukan departemen di tiap fakultas dan laboratorium/rumah sakit pendidikan di tiap departemen tersebut yang berpotensi menggunakan bahan berbahaya dan beracun. Untuk mendapatkan informasi mengenai departemen dan laboratorium/rumah sakit pendidikan tersebut dilakukan dengan metode studi literatur melalui website Universitas Indonesia.
- Melakukan perizinan dan survei lapangan ke tiap departemen dengan metode observasi untuk melihat kelayakan penelitian yang meliputi apakah departemen tersebut menggunakan dan menghasilkan bahan berbahaya dan beracun dan bagaimanakah sistem pengelolaan limbah B3 yang telah diterapkan oleh departemen tersebut.
- Mengeliminasi departemen yang tidak layak untuk dilakukan penelitian karena tidak berpotensi menggunakan dan tidak menghasilkan bahan berbahaya dan beracun.



- Melakukan pengambilan data ke tiap departemen yang dilakukan tiap minggu untuk mendapatkan data luas dan daya tampung tiap laboratorium, jenis kegiatan, waktu kegiatan, bahan berbahaya dan beracun yang digunakan, proses/reaksi kimia yang terjadi dalam kegiatan yang dilakukan, bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan, kuantitas limbah B3 yang dihasilkan, bahan berbahaya dan beracun kadaluarsa, dan bekas kemasan bahan berbahaya dan beracun yang tidak terpakai lagi. Data ini didapatkan dengan metode wawancara dan kuisisioner melalui pekerja laboratorium/rumah sakit pendidikan atau orang yang sedang melakukan kegiatan di laboratorium/rumah sakit pendidikan tersebut. Selain itu, juga dilakukan observasi tiap laboratorium atau rumah sakit pendidikan untuk melihat langsung kegiatan yang berpotensi menghasilkan limbah B3 dan penanganannya yang dilakukan serta melihat langsung kuantitas yang mungkin ditimbulkan untuk setiap jenis kegiatan.
- Jika data tidak didapatkan atau data yang didapatkan tidak sesuai harapan karena sumber informasi tidak terlalu memahami, pengambilan data dilakukan dengan menggunakan studi literatur dengan melihat modul kerja setiap kegiatan yang berlangsung di laboratorium/rumah sakit pendidikan tersebut. Jika hal ini juga tidak memungkinkan, pengambilan data dilakukan dengan wawancara langsung ke ketua departemen atau dekan fakultas yang bersangkutan. Cara lain, jika metode ini tidak memungkinkan adalah studi literatur dengan universitas lain yang telah menerapkan sistem pengelolaan limbah B3 dengan melihat kemiripan karakteristik kegiatan yang dilakukan.
- Melakukan analisa data.

Tabel 3.2 Data dan Metode Pengumpulan Data

<b>Data yang Akan Diambil</b>	<b>Metode Pengumpulan Data</b>
<b>Data Primer</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jenis kegiatan</li> </ul>	Observasi, wawancara, dokumentasi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waktu kegiatan</li> </ul>	Observasi, wawancara, dokumentasi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luas dan daya tampung laboratorium atau rumah sakit pendidikan</li> </ul>	Observasi, wawancara
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan-bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun yang digunakan</li> </ul>	Observasi, wawancara, dokumentasi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proses yang terjadi</li> </ul>	Observasi, wawancara, dokumentasi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan</li> </ul>	Observasi, wawancara, dokumentasi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun yang kadaluarsa</li> </ul>	Observasi, wawancara
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekas kemasan bahan kimia atau bahan berbahaya dan beracun</li> </ul>	Observasi, wawancara
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengelolaan limbah padat dan limbah cair bahan berbahaya dan beracun yang telah diterapkan</li> </ul>	Observasi, wawancara
<b>Data Sekunder</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nama-nama laboratorium di Universitas Indonesia</li> </ul>	Studi literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peta lokasi</li> </ul>	Studi literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luas lahan kampus Universitas Indonesia</li> </ul>	Studi literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tata guna lahan</li> </ul>	Studi literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rencana pengembangan Kampus Universitas Indonesia</li> </ul>	Studi literatur

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2010

### 3.7.2 Analisis Data

Data primer yang telah diperoleh akan dianalisis dan diolah untuk mendapatkan karakteristik limbah bahan berbahaya dan beracun. Tahapan pengerjaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Melakukan identifikasi limbah apakah limbah tersebut merupakan limbah bahan berbahaya dan beracun atau bukan;
- Melakukan karakterisasi limbah berdasarkan sifatnya, yaitu limbah *ignitability* (kenyala-nyalaan), *flammable* (mudah terbakar), *explosive* (mudah meledak), *corrosive* (menimbulkan karat), buangan penyebab penyakit (*infectious waste*), dan buangan beracun (*toxic waste*). Pengkarakterisasian ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur, yaitu melihat MSDS (*Material Safety Data Sheet*) dari tiap limbah padat atau cair yang dihasilkan.
- Melakukan pengelompokkan limbah berdasarkan karakteristiknya yang sejenis.

Hasil analisis data primer akan dijadikan sebagai bahan awal dalam merekomendasikan sistem pengelolaan limbah B3 yang dapat diterapkan di Universitas Indonesia. Berdasarkan analisa data primer di atas, dilakukan rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 yang hanya sebatas pada pengumpulan, penyimpanan sementara, dan pengolahan limbah B3 limbah tertentu berdasarkan pada data sekunder yang telah diperoleh.

## **BAB 4**

### **GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN**

#### **4.1 Universitas Indonesia**

Universitas Indonesia memiliki disiplin ilmu yang luas. Saat ini, UI selalu berusaha menjadi salah satu universitas riset atau institusi akademik terkemuka di dunia. Upaya-upaya pencapaian tertinggi dalam hal penemuan, pengembangan, dan difusi pengetahuan selalu dilakukan sebagai universitas riset. UI juga melakukan pengembangan di bidang akademik dan penelitian melalui sejumlah disiplin ilmu yang ada dilingkupnya.

Secara geografis, kampus UI terletak di dua wilayah, yaitu Salemba dan Depok. Mayoritas fakultas berada di Depok dengan luas lahan mencapai 320 hektar dimana 75% wilayah UI merupakan area hijau berwujud hutan kota yang di dalamnya terdapat 6 danau alam dan 25% lahan digunakan sebagai sarana akademik, riset, dan kemahasiswaan.

Sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi yang berorientasi pada sistem pendidikan berbasis penelitian, UI selalu mengupayakan agar sistem pendidikan yang ada mampu mempersiapkan mahasiswa-mahasiswinya bersaing secara global dalam segala aspek, baik di bidang ilmu sains, sosial humaniora, dan kedokteran. Hal ini sepenuhnya mendapatkan dukungan dari organisasi dan manajemen yang saling mendukung satu sama lain, baik itu dari Majelis Wali Amanat (MWA), Kabinet Rektorat, Dekan Fakultas hingga Tim Administrasi. Berikut merupakan struktur organisasi dan manajemen di Universitas Indonesia:

- Majelis Wali Amanat
- Senat Akademik Universitas
  - a. Komisi Integrasi;
  - b. Komisi Pengembangan Ilmu Pengetahuan; dan
  - c. Komisi Pengembangan Universitas Indonesia
- Pimpinan UI
  - a. Rektor;

- b. Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan;
- c. Wakil Rektor Bidang SDM, Keuangan, dan Administrasi Umum; dan
- d. Wakil Rektor Bidang Penelitian, Pengembangan, dan Kerjasama Industri.

- Dekan Fakultas
- Pusat Administrasi Universitas

Di Universitas Indonesia terdiri dari 12 fakultas, yaitu:

- Fakultas Kedokteran
- Fakultas Kedokteran Gigi
- Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- Fakultas Teknik
- Fakultas Hukum
- Fakultas Ekonomi
- Fakultas Psikologi
- Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya
- Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik
- Fakultas Kesehatan Masyarakat
- Fakultas Ilmu Komputer
- Fakultas Ilmu Keperawatan
- PLH Program Pascasarjana

Di dalam Rencana Strategis Universitas Indonesia tahun 2007 – 2012, dikatakan bahwa Universitas Indonesia akan mengintegrasikan 12 fakultas menjadi rumpun-rumpun ilmu yang menekankan pendekatan multidisiplin dan interdisiplin, yaitu Ilmu Kesehatan, Ilmu Sains dan Teknologi, serta Ilmu Sosial dan Humaniora. Pengembangan tiga rumpun ilmu tersebut erat kaitannya dengan agenda pengembangan riset-riset interdisipliner serta pengembangan ilmu tanpa sekat. Di dalam perencananya, Universitas Indonesia juga akan membangun rumah sakit di lingkungan Kampus UI Depok yang berlokasi di dekat Fakultas Kesehatan Masyarakat. Dengan pembangunan rumah sakit di UI Depok, pihak UI akan berkoordinasi dengan Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo dan akan memberdayakan mahasiswa Fakultas Kedokteran (FK) dan Fakultas Kedokteran

Gigi (FKG), sehingga nantinya FKUI dan FKGUI akan dipindahkan ke Depok. Lokasi rumah sakit dan Fakultas Kedokteran diprediksi dalam lampiran 1.

## 4.2 Fakultas Teknik

FTUI terdiri atas tujuh departemen sebagai pengelola sumber daya akademik yang membawahi delapan program studi sebagai kesatuan rencana belajar berdasarkan suatu kurikulum teknik, yaitu Departemen/Program Studi Teknik Sipil, Departemen Teknik Mesin/Program Studi Teknik Mesin dan Program Studi Teknik Perkapalan, Departemen/Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Metalurgi dan Material/Program Studi Teknik Material, Departemen/Program Studi Arsitektur, Departemen/Program Studi Teknik Kimia, Departemen/Program Studi Teknik Industri, dan Program studi tingkat pascasarjana di bawah FTUI yaitu Program Studi Optoelektronika dan Aplikasi Laser.

Dalam studi kali ini, hanya dilakukan penelitian terhadap 2 departemen, yaitu Departemen Teknik Sipil dan Departemen Teknik Kimia.

### 4.2.1 Departemen Teknik Sipil

Departemen Teknik Sipil memiliki 2 program studi, yaitu Program Studi Teknik Sipil dan Program Studi Teknik Lingkungan. Adapun fasilitas laboratorium di Departemen Teknik Sipil, yaitu Laboratorium Struktur dan Material, Laboratorium Mekanika Tanah, Laboratorium Hidrolika, Hidrologi, dan Sungai, Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Laboratorium Pemetaan, dan Laboratorium Transportasi.

Dalam studi kali ini, hanya dilakukan penelitian terhadap Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, yaitu Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan dan Laboratorium Penyehatan dan Lingkungan.

Program Studi Teknik Lingkungan memiliki 2 laboratorium, yaitu Laboratorium Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan. Laboratorium Lingkungan digunakan sebagai sarana praktikum pendidikan S1 mata kuliah Kimia Lingkungan dan Laboratorium Lingkungan, sedangkan

Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan digunakan sebagai sarana praktikum pendidikan S1 mata kuliah Mikrobiologi Lingkungan. Selain sebagai sarana pendidikan S1, laboratorium ini juga berfungsi sebagai sarana pelayanan masyarakat dan penelitian, baik dosen maupun mahasiswa.

Praktikum Kimia Lingkungan dilakukan pada semester genap, biasanya kegiatan praktikum ini aktif pada bulan April hingga bulan Mei. Praktikum Laboratorium Lingkungan dilakukan pada semester ganjil, biasanya kegiatan praktikum ini aktif pada bulan September hingga bulan Desember. Praktikum Mikrobiologi Lingkungan dilakukan pada semester ganjil, biasanya praktikum ini aktif pada bulan November hingga bulan Desember. Kegiatan penelitian mahasiswa S1 biasanya mulai aktif dilakukan pada bulan Agustus hingga bulan April. Berdasarkan data tahun 2007 hingga tahun 2010, aktivitas di dalam laboratorium untuk setiap kali praktikum tiap modul sebanyak 10 – 20 kelompok, dimana setiap kelompok terdiri dari 3 – 4 orang.

Adapun praktikum yang dilakukan di laboratorium tersebut antara lain sebagai berikut:

Tabel 4.1 Modul Praktikum di Laboratorium Teknik Lingkungan

Nama Praktikum	Nama Modul
Kimia Lingkungan	Asam/Basa (Metode Titrimetri dan Potensiometri)
	Warna (Metode Perbandingan)
	Kekeruhan (Metode Nefelometri)
	Angka Permanganat (Titrimetri)
	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD, Metode Refluks)
	Kesadahan Total Kalsium dan Magnesium (Metode Titrimetri)
	Sulfat (SO <sub>4</sub> ) secara Spektrofotometri
	Mangan (Mn) Metode Spektrofotometri
	Oksigen Terlarut - <i>Dissolved Oxygen</i> (Metode Iodometri)
	Kebutuhan oksigen Biokimiawi (BOD)
Laboratorium Lingkungan	Analisa Klor Aktif dengan Metode iodometri
	Proses Koagulasi dan Flokulasi ( <i>Jar Test</i> )
	Zat Padat ( <i>Total Solids, Total Suspended Solid, Total Dissolved Solid, dan Volatile Suspended Solid</i> ) berdasarkan Metode Gravimetri
	Keseimbangan Massa ( <i>Mass Balance</i> )
Mikrobiologi Lingkungan	Enumerasi Mikroorganisme
	Pemeriksaan Air
	Pengecatan Struktur Sel Mikroorganisme

Sumber: Buku Petunjuk Praktikum Kimia Lingkungan, Laboratorium Lingkungan, dan Mikrobiologi Lingkungan



#### 4.2.2 Departemen Teknik Kimia

Departemen Teknik Kimia memiliki 2 program studi, yaitu Program Studi Teknik Kimia dan Program Studi Teknologi Bioproses. Fasilitas laboratorium di Departemen Teknik Kimia, salah satunya adalah Laboratorium Pendidikan.

Laboratorium Pendidikan merupakan laboratorium dasar yang memiliki beberapa set peralatan yang dirancang untuk keperluan praktikum dasar proses operasi teknik, bukan untuk penelitian. Laboratorium Pendidikan terdiri dari:

- Laboratorium Dasar Proses Kimia (DPK)

Mata praktikum di laboratorium ini adalah Praktikum Kimia Dasar, Praktikum Kimia Fisika, Praktikum Kimia Organik, dan Praktikum Kimia Analitik

- Laboratorium Rekayasa Bioproses

Laboratorium ini baru berdiri sejak tahun 2010. Di laboratorium ini melayani kegiatan pendidikan dan penelitian. Kegiatan di laboratorium ini meliputi kegiatan biofiksasi dan produksi biomassa mikroalga, pemanfaatan bahan alam untuk biofilter, proses ekstraksi bahan alam, dan produksi biodiesel melalui rute non alkohol.

- Laboratorium Operasi Teknik (POT)

Mata Praktikum di laboratorium ini adalah:

- a. Proses Operasi Teknik I, meliputi praktikum sirkuit fluida, pompa sentrifugal, aliran kompresibel, filtrasi, konduksi, fluidisasi dan perpindahan panas, perpindahan panas pada pipa, dan perpindahan panas konveksi.
- b. Proses Operasi Teknik II, meliputi praktikum *flow control*, *pressure control*, *absorption*, *tray dryer*, *diffusion*, *reactor*, *refrigeration*, dan *evaporation*.

### 4.3 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FMIPA terdiri atas enam departemen, yaitu Departemen Matematika, Departemen Biologi, Departemen Kimia, Departemen Fisika, Departemen Farmasi, dan Departemen Geografi. Dalam studi kali ini, dilakukan penelitian terhadap 2 departemen, yaitu Departemen Kimia dan Departemen Farmasi.

Dalam studi kali ini, hanya dilakukan penelitian terhadap 2 departemen, yaitu Departemen Kimia dan Departemen Farmasi.

#### 4.3.1 Departemen Kimia

Departemen Kimia didukung oleh 10 laboratorium, yaitu Laboratorium Kimia Dasar, Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Organik, Laboratorium Kimia Analisis, Laboratorium Kimia Fisik, Laboratorium Biokimia dan Mikrobiologi, Laboratorium Instrumentasi, Laboratorium Penelitian, dan Laboratorium Afiliasi. Laboratorium Kimia Dasar dan Laboratorium Anorganik dijadikan satu laboratorium; Laboratorium Kimia Organik, Laboratorium Biokimia dan Mikrobiologi, dan Laboratorium Kimia Fisik dijadikan satu laboratorium; dan Laboratorium Kimia Analisis dan Laboratorium Kimia Instrumentasi dijadikan satu laboratorium. 9 laboratorium tersebut merupakan laboratorium pendidikan, sedangkan Laboratorium Afiliasi terpisah menjadi satu laboratorium yang menyediakan jasa pelayanan masyarakat. Laboratorium Penelitian juga dipisahkan menjadi satu laboratorium tersendiri yang khusus menyediakan tempat untuk penelitian

Kimia Anorganik meliputi Praktikum Kimia Dasar, Praktikum Kimia Logam dan Non-Logam, Praktikum Kimia Sintesa dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Koordinasi, dan Praktikum Kimia Radiasi (dilakukan di BATAN). Kegiatan di Laboratorium Kimia Organik meliputi Praktikum Kimia Preparatif dan Sintesis, Praktikum Kimia Organik, Praktikum Kimia Bahan Hayati, dan Kimia Preparatif. Kegiatan di Laboratorium Kimia Analisis meliputi Praktikum Kimia Analisis Dasar, Praktikum Elektroanalisis dan Dasar-Dasar Pemisahan, Praktikum Analisis Instrumen Terpadu, Kimia Analisis Lingkungan, dan Kimia Non Hayati. Kegiatan di Laboratorium Kimia Fisik meliputi Praktikum Kimia

Fisik dan Praktikum Kimia Bahan Non Hayati Terpadu (bergabung dengan Lab. Kimia Anorganik).

#### 4.3.2 Departemen Farmasi

Departemen Farmasi didukung oleh 13 laboratorium, tetapi dalam penelitian ini hanya dilakukan di Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE). Laboratorium yang berdiri di Depok pada November 2005 ini bergerak di bidang pengujian obat dalam matriks biologi untuk industri farmasi maupun lembaga-lembaga riset. Kegiatan di dalamnya meliputi uji klinik, uji Bioavailabilitas, dan Uji Bioekivalensi dan Bioanalisis Obat. Uji Bioekivalensi (BE) adalah suatu pengujian untuk membandingkan suatu produk obat salinan apakah memiliki efek yang sama dengan produk aslinya dengan tujuan memberikan jaminan kepada masyarakat bahwa produk obat yang beredar memenuhi standar efikasi, keamanan, dan mutu yang dipersyaratkan. Pelayanan yang diberikan di laboratorium ini antara lain pembuatan/desain protokol dan pengujian, desain *care report form*, rekrutmen dan *screening* dubyek, pengembangan dan validasi metode analisis dan matriks biologi, pembuatan model farmakokinetik dan biostatik, pembuatan laporan studi, dan pelatihan studi BA-BE. Laboratorium ini dilengkapi dengan ruang instrumen, ruang preparasi, dan ruang timbang.



Gambar 4.1 Ruang Instrumentasi

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 4.2 Ruang Preparasi

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

#### 4.4 Fakultas Kedokteran

Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia berlokasi di Salembadengan total luas area 16.209 m<sup>2</sup>. Kegiatan yang dijalankan oleh Fakultas Kedokteran UI adalah melaksanakan penyelenggaraan di bidang pendidikan, penelitian, dan pelayanan umum.

Fakultas Kedokteran UI memiliki departemen yang terbagi menjadi 2 jenis, yaitu preklinik dan klinik. Departemen preklinik adalah departemen ilmu-ilmu dasar kedokteran. Departemen-departemen tersebut berperan dalam membentuk fondasi pemahaman dasar ilmu kedokteran bagi mahasiswa. Adapun Departemen Preklinik terdiri dari 15 departemen, yaitu Departemen Anatomi, Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler, Departemen Biologi Kedokteran, Departemen Pendidikan Kedokteran, Departemen Fisiologi Kedokteran, Departemen Farmakologi dan Terapeutik, Departemen Ilmu Farmasi Kedokteran, Departemen Fisika Kedokteran, Departemen Histologi, Departemen Ilmu Kedokteran Komunitas, Departemen Kimia Kedokteran, Departemen Mikrobiologi, Departemen Parasitologi, Departemen Patologi Anatomik, dan Program Studi Ilmu Kedokteran Olahraga.

Departemen klinik merupakan departemen yang mendidik mahasiswa klinik. Sebagian besar departemen berlokasi di RSCM yang merupakan rumah sakit pusat rujukan nasional. Departemen lain seperti Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskuler terletak di Rumah Sakit Jantung Harapan Kita, yang merupakan Pusat Jantung Nasional, sedangkan Departemen Pulmonologi dan

Kedokteran Respirasi terletak di Rumah Sakit Persahabatan yang merupakan Pusat Respirasi Nasional. Di samping memberikan pendidikan kedokteran dan aktif melakukan penelitian, departemen klinik juga menjalankan fungsinya yang integral dengan pelayanan kesehatan di rumah sakit masing-masing. Adapun Departemen Klinik terdiri dari 19 departemen, yaitu Departemen Anestesiologi dan *Intensive Care*, Departemen Ilmu Bedah, Departemen Bedah Saraf, Departemen Ilmu Gizi, Departemen Ilmu Kesehatan Anak, Departemen Kedokteran Forensik dan Medikolegal, Departemen Gigi dan Mulut, Departemen Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin, Departemen Psikiatri, Departemen Ilmu Penyakit Dalam, Departemen Ilmu Kesehatan Mata, Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskuler, Departemen Obstetri dan Ginekologi, Departemen Patologi Klinik, Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi, Departemen Radiologi, Departemen Neurologi, Departemen Ilmu Penyakit Telinga Hidung Tenggorokan, dan Program Studi Rehabilitasi Medik.

Dari 35 departemen yang ada di Fakultas Kedokteran, 11 diantaranya berpotensi menghasilkan limbah, yaitu Departemen Biologi Kedokteran, Departemen Kimia Kedokteran, Departemen Histologi, Departemen Biokimia dan Biologi Kedokteran, Departemen Anatomi, Departemen Farmakologi, Departemen Parasitologi, Departemen Mikrobiologi, Departemen Patologi Anatomi, Departemen Patologi Klinik, dan Departemen Farmasi.

Dalam studi kali ini, dilakukan penelitian terhadap 6 departemen, yaitu Departemen Parasitologi, Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler, Departemen Patologi Anatomi, Departemen Kimia Kedokteran, Departemen Biologi Kedokteran, dan Departemen Histologi.

#### 4.4.1 Departemen Parasitologi

Departemen Parasitologi FKUI mengajarkan tentang siklus hidup parasit serta aspek epidemiologi penyakit yang ditimbulkannya. Departemen ini memiliki 4 divisi departemen, yaitu:

- Helmintologi
- Protozoologi: Protozoa Usus dan Malaria
- Entomologi

- Mikologi

Di departemen ini memiliki beberapa laboratorium pendidikan S1, S2, dan S3; penelitian; dan pelayanan umum. Adapun laboratoriumnya, antara lain:

- Laboratorium Terpadu, terdiri dari kegiatan Laboratorium Penelitian, Laboratorium Helminologi, dan Laboratorium Filaria
- Laboratorium Mikologi
- Laboratorium Malaria
- Laboratorium Pendidikan S1
- Laboratorium Pendidikan S2

#### 4.4.2 Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler

Ilmu biokimia adalah ilmu yang mempelajari tentang peranan berbagai molekul dalam reaksi kimia yang berlangsung dalam makhluk hidup dan mempelajari proses pada organisme mulai dari yang sederhana sampai yang kompleks. Adapun modul pengantar Biokimia yang dibagi menjadi empat ajaran utama, yaitu protein, DNA dan ekspresi genetik, membran dan komunikasi antar sel, dan transduksi energi dan metabolisme.

Ilmu biologi molekuler adalah ilmu yang mempelajari interaksi molekul dalam benda hidup, terutama interaksi berbagai sistem dalam sel dan bagaimana interaksi tersebut diatur. Biologi molekuler lebih menelaah dalam skala molekul atas proses replikasi, transkripsi, dan translasi bahan genetik. Penelitian biologi molekuler menggunakan teknik-teknik khusus yang khas biologi molekuler, yaitu:

- Kloning ekspresi, yang digunakan misalnya untuk mempelajari fungsi protein.
- *Polymerase chain reaction* (PCR), yang digunakan untuk membuat salinan DNA, menambahkan situs enzim restriksi, memutasikan (mengubah) basa tertentu pada DNA, atau mendeteksi keberadaan sekuens DNA tertentu dalam sampel.
- Elektroforesis gel, yang digunakan untuk analisis atau memurnikan molekul sebelum digunakan dalam metode lain. Untuk memisahkan protein atau asam nukleat berukuran kecil (DNA, RNA, atau oligonukleotida), gel yang

digunakan biasanya merupakan gel poliakrilamida. Untuk memisahkan asam nukleat yang lebih besar, gel yang digunakan adalah agarosa (dari ekstrak rumput laut) yang sudah dimurnikan. Dalam prosesnya, sampel molekul ini ditempatkan ke dalam sumur pada gel yang ditempatkan di dalam larutan penyangga dan listrik dialirkan kepadanya. Untuk menjaga agar asam nukleat berbentuk lurus digunakan zat natrium hidroksida atau formamida. Sementara itu, protein didenaturasi dengan detergen (misalnya natrium dedosil sulfat, SDS) agar protein berbentuk lurus dan bermuatan negatif. Setelah itu, dilakukan proses pewarnaan dengan etidium bromide, perak, atau pewarna “biru Coomassie” (*Commassie blue*) agar molekul yang telah terpisah dapat dilihat.

Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI memiliki 4 laboratorium, yaitu:

- Laboratorium Biologi Molekuler
- Laboratorium Pelayanan Masyarakat
- Laboratorium Pendidikan
- Laboratorium Stress Oksidatif, Protein, dan Kultur Sel

#### 4.4.3 Departemen Patologi Anatomik

Departemen Patologi Anatomik FKUI berada di bawah 2 kewenangan, yaitu Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dan Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo. Departemen ini memiliki 5 divisi yang terbagi menjadi beberapa sub divisi, yaitu:

- Divisi I
  - a. Patologi Kardiovaskuler
  - b. Patologi Sistem Pernafasan
  - c. Patologi Urogenital
- Divisi II
  - a. Patologi Saluran Cerna
  - b. Patologi Hati
- Divisi III
  - a. Patologi Obstetri-Ginekologi

- Divisi IV
  - a. Patologi Endokrin
  - b. Patologi Sistem Hematolimfoid
  - c. Patologi Payudara
- Divisi V
  - a. Patologi Jaringan Lunak
  - b. Patologi Tulang
  - c. Patologi Kulit
  - d. Patologi Mata
  - e. Patologi Susunan Saraf

Di Departemen Patologi Anatomi, penyakit dapat didiagnosis melalui laboratorium yang ada dan informasi klinis dapat diperoleh melalui pemeriksaan jaringan dan sel yang umumnya melibatkan pemeriksaan visual kasar dan mikroskopik pada jaringan, dengan pengecatan khusus, dan imunohistokimia yang dimanfaatkan untuk memvisualisasi protein khusus dan zat lain pada dan di sekeliling sel (Underwood, *Patologi 5*).

Departemen Patologi Anatomi FKUI-RSCM memiliki 5 laboratorium, yaitu:

- Laboratorium Histopatologi
 

Laboratorium ini merupakan laboratorium yang menemukan dan mendiagnosis penyakit dari hasil pemeriksaan jaringan (Underwood, 1999). Pemeriksaan ini dilakukan dengan mempelajari kondisi dan fungsi jaringan dalam hubungannya dengan penyakit. Histopatologi dapat dilakukan dengan mengambil sampel jaringan atau dengan mengamati jaringan setelah kematian terjadi. Dengan membandingkan kondisi jaringan sehat terhadap jaringan sampel dapat diketahui apakah suatu penyakit yang diduga benar-benar menyerang atau tidak.
- Laboratorium Histokimia
 

Histokimia merupakan salah satu cabang histologi yang mempelajari susunan dan perubahan yang terjadi di jaringan manusia, tumbuhan, dan hewan terhadap bahan kimiawi yang terdapat dalam suatu jaringan. Setelah mendapat perlakuan khusus dengan reagen khusus, maka secara



mikroskopis berbagai keadaan jaringan dapat diperlihatkan (Underwood, *Patologi 7*).

- **Laboratorium Imunopatologi**

Laboratorium imunopatologi merupakan laboratorium yang mampu mendeteksi keberadaan, keberlimpahan, dan lokalisasi protein spesifik dalam jaringan dengan menggunakan antibodi. Teknik ini digunakan untuk membedakan antara gangguan dengan morfologi yang serupa dan mencirikan sifat molekuler penyakit tertentu. Pendeteksian ini dilakukan dengan pemeriksaan terhadap sel atau jaringan melalui analisa biomolekuler untuk penentuan diagnosis, pengobatan, progresifitas penyakit

- **Laboratorium Sitopatologi**

Laboratorium Sitopatologi merupakan laboratorium yang menemukan dan mendiagnosis penyakit dari hasil pemeriksaan sel tubuh yang didapat/diambil (Underwood, *Patologi 6*). Di laboratorium ini, sel manusia secara keseluruhan diperiksa secara mikroskopis yang diperoleh dari hasil pewarnaan. Diagnosis dilakukan dengan pemeriksaan berdasarkan analisa sel-sel yang berasal antara lain dari apusan vagina (*Pap Smear*), bilasan saluran pernafasan, cairan rongga tubuh, urin, dahak, dan biopsi jarum halus bajah / FNAB.

- **Laboratorium Patologi Eksperimental**

Laboratorium ini merupakan laboratorium observasi atau pengamatan terhadap pengaruh dari berbagai manipulasi/perlakuan pada suatu sistem di tingkat laboratorium dengan menggunakan model binatang percobaan.

#### 4.4.4 Departemen Kimia Kedokteran

Departemen Kimia Kedokteran FKUI memberikan mata kuliah yang mencakup kimia umum, kimia fisik, dan kimia organik. Awalnya kegiatan praktikum yang diberikan di departemen ini meliputi kimia analisa kualitatif yang kemudian diganti dengan kimia fisik, kimia analisa kuantitatif, dan kimia organik. Namun, seiring dengan perubahan kurikulum menjadi kurikulum berbasis kompetensi, kuliah dan praktikum hanya diberikan untuk mendukung modul biologi molekuler yang mencakup materi kimia karbohidrat, lipid, asam nukleat,

protein, serta modul ginjal dan cairan tubuh yang mencakup materi keseimbangan asam basa.

#### 4.4.5 Departemen Biologi Kedokteran

Biologi adalah ilmu mengenai kehidupan. Obyek kajian biologi sangat luas dan mencakup semua kehidupan makhluk hidup. Departemen Biologi FKUI memiliki 4 laboratorium, yaitu:

- Laboratorium Histologi
- Laboratorium Sitogenetik
- Laboratorium Analisa Sperma
- Laboratorium Biologi Molekuler

#### 4.4.6 Departemen Histologi

Histologi adalah cabang ilmu kedokteran yang mempelajari struktur dan sifat jaringan dan organ tubuh secara detail menggunakan mikroskop pada sediaan jaringan yang dipotong tipis untuk menjelaskan fungsinya dalam keadaan normal, termasuk perubahannya sepanjang usia dan dalam keadaan sakit. Histologi didasari oleh ilmu biologi dan anatomi (*gross anatomy*). Histologi secara langsung mendasari fisiologi, patologi anatomik, dan patologi klinik dan secara tidak langsung mendasari pengertian mengenai proses perubahan jaringan akibat usia dan penyakit.

Di Laboratorium Histologi, mahasiswa mampu mengidentifikasi jaringan tersebut dengan menjelaskan histofisiologi dan histodinamika jaringan tadi sesuai dengan gambaran histologi yang diberikan sebagai landasan untuk mengkaji perubahan jaringan yang terjadi sehubungan dengan usia dan berbagai penyakit.

Departemen Histologi memiliki 3 laboratorium, yaitu:

- Laboratorium kering  
Kegiatan di laboratorium ini adalah melihat jaringan dengan mikroskop yang telah disediakan oleh dosen.
- Laboratorium basah

Kegiatan di laboratorium basah meliputi fiksasi jaringan, proses dehidrasi, proses dealkoholisasi, pembuatan blok paraffin, pemotongan jaringan dengan mikotom, penyediaan jaringan pada kaca objek, dan pewarnaan.

- Kandang tikus

Di dalamnya terdapat binatang tikus yang akan menjadi objek penelitian.

#### **4.5 Fakultas Kedokteran Gigi – Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan**

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia memiliki 11 departemen antara lain Departemen Bedah Mulut, Departemen Penyakit Mulut, Departemen Konservasi Gigi, Departemen Periodontologi, Departemen Prostodonsia, Departemen Orthodonsia, Departemen Radiologi Kedokteran Gigi, Departemen Dental Material Kedokteran Gigi, Departemen Oral Biologi, Departemen *Public Health*, dan IKGA.

RSGMP-FKG UI adalah rumah sakit yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan gigi dan mulut, dan merupakan sarana pendidikan dan penelitian tenaga kesehatan gigi tingkat S1, Profesi, Spesialis, S2 dan S3, dan dapat digunakan untuk berbagai bidang kesehatan khususnya dan bidang lain pada umumnya.

Rumah Sakit Gigi dan Mulut Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia (RSGM FKGUI) merupakan Rumah Sakit Akademi yang pada saat ini digunakan sebagai lahan pendidikan para calon Dokter Gigi dan Dokter Gigi Spesialis serta program Pendidikan Doktor. Kegiatan di Rumah Sakit Akademi ini mengarah pada pendidikan, penelitian, dan pelayanan masyarakat.

RSGM berdiri pada bulan Juni tahun 2002. Pada tahun 2005, RSGM ditetapkan sebagai tempat Pendidikan di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia.

Di RSGM ini terdapat beberapa klinik, yaitu:

- Klinik Distribusi
- Klinik Radiologi
- Klinik Pedodonsi (Gigi Anak)
- Klinik Ortodonsi
- Klinik Periodonsi

- Klinik Bedah Mulut
- Klinik Prostodonsi
- Klinik Konservasi
- Klinik Paviliun Khusus
- Klinik Penyakit Mulut
- Klinik Integrasi 1
- Klinik Integrasi 2

Tindakan di klinik yang meliputi pelayanan pencegahan, pengobatan, dan rehabilitasi yang menggunakan bahan kimia dan logam berat sebagai bahan bakunya, sehingga tindakan di klinik ini akan menghasilkan limbah bahan beracun dan berbahaya. Selain klinik, juga terdapat laboratorium yang tindakannya meliputi pelayanan pembuatan alat pencegahan dan pembuatan alat rehabilitasi menggunakan bahan berbahaya dan beracun sebagai bahan bakunya, sehingga akan menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun.

Secara umum, bahan-bahan yang digunakan di klinik atau di laboratorium rumah sakit gigi dan mulut adalah sebagai berikut (Mc Cabe, JF, 1990):

- Inorganik digunakan untuk *gypsum product* dan *dental cement*  
Secara kimia, gypsum yang digunakan di bidang kedokteran gigi adalah kalsium sulfat dihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Gypsum diklasifikasikan menjadi 5 macam gypsum, yaitu Tipe 1: *Impression plaster* (bahan cetak), Tipe 2: *Plaster (Plaster of Paris)*, Tipe 3: *Stone*, Tipe 4: *Stone high – strength, low – expansion*, Tipe 5: *Stone high – strength, high – expansion* (O' Brien, 2002: 37).
- *Ceramic* digunakan untuk *porcelen crown*
- Semen kedokteran gigi, seperti *zinc phosphate cements* [ $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ], *zinc silicophosphat cement*, *zinc oxide-eugenol cements* (ZOE), *zinc polycarboxylate*, *glass ionomer*, *polymethacrylate*, *dimethylacrylaic filled* dan *infilled*, dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  *salicylate*.
- *Metal* dan *alloy* digunakan untuk *cast restoration*, *wires*, *composite of denture*

Elemen-elemen metal yang banyak dipakai untuk *dental casting alloys* adalah Emas (Au), Platinum (Pt), Palladium (Pd), Iridium (Ir), Ruthenium (Ru), Perak (Ag), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Indium (I), Galium (Ga), dan Nikel (Ni) (Philips, 1996).

- Polimer digunakan untuk *direct filling restoration, denture base*
- Komposit polimer digunakan untuk *direct filling material*, seperti *glass filler* dan *colloidal silica*.

- Material cetak

Material cetak kedokteran gigi ada yang menggunakan *plaster of Paris*, *zink oksid eugenol*, material cetak kompon, material cetak wax, alginat, elastomer (polisulfida, polyester, silikon), dan agar. Material cetak agar memiliki kandungan agar, boraks, kalium sulfat, alkil benzoat, malam, thixotropik, air, warna, dan aroma. Material cetak alginat memiliki kandungan algae/algin (*brown seaweed*) atau asam alginat, kalium alginat, kalsium sulfat dihidrat, kalium sulfat, kalium zink fluoride, silikat/boraks, sodium fosfat, *diatomaceous earth* atau bubuk silikat, glikol, *wintergreen*, *pepermeint*, *anise*, pigmen, *chlorhexidine*, garam, dan ammonium. Material cetak elastomer memiliki kandungan *polisulfid*, *silicon kondenssasi*, *silicon adisi*, dan *polieter* (Philips, 1996).

## **BAB 5**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Data penelitian yang ditampilkan adalah data hasil penelitian berupa limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dihasilkan di lokasi penelitian. Pembahasan meliputi hasil identifikasi limbah B3 yang selanjutnya dikarakterisasi sesuai *Material Safety Data Sheet* (MSDS). Berdasarkan hasil karakterisasi tersebut, dilakukan pembahasan mengenai rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 yang meliputi rekomendasi penampungan limbah B3, rekomendasi limbah B3, dan rekomendasi limbah B3.

Keseluruhan data yang didapatkan dan dibahas lebih bersifat kualitatif, meskipun terdapat data dari beberapa departemen yang memiliki kuantitas limbah yang dihasilkannya. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan waktu dan data kuantitas yang didapat. Oleh karena itu, rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 yang diusulkan tidak sampai pada tahap perhitungan lebih detail.

#### **5.1 Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah B3 Eksisting**

Data yang didapatkan dari hasil penelitian meliputi limbah yang dihasilkan dan pengelolaan yang telah diterapkan di setiap departemen yang ada di fakultas yang dijadikan sebagai lokasi penelitian. Setiap departemen di setiap fakultas memiliki jenis dan kuantitas limbah yang berbeda-beda. Hal ini tergantung pada kegiatan yang dilakukan di dalam laboratorium yang ada di departemen-departemen tersebut. Secara umum, limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di Departemen Teknik Kimia dan Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik didominasi oleh limbah kimia cair. Begitupula limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di Departemen Kimia, Fakultas MIPA juga didominasi oleh limbah kimia cair. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE), Departemen Farmasi, Fakultas MIPA didominasi oleh limbah medis, meskipun juga terdapat limbah kimia cair. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan di Fakultas Kedokteran

dan Kedokteran Gigi – Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan didominasi oleh limbah medis.

Melihat potensi limbah yang dihasilkan di 4 fakultas tersebut dan diperkirakan akan ada timbulan limbah dari fakultas lain, seharusnya Universitas Indonesia memiliki pengelolaan limbah B3 terpadu dalam menangani limbah B3 dari kegiatan di tiap fakultas. Namun, sampai saat ini, Universitas Indonesia belum memiliki pengelolaan limbah B3 terpadu dari tiap fakultas-fakultasnya. Begitupula tiap fakultas di Universitas Indonesia, juga belum memiliki pengelolaan limbah B3 terpadu. Berdasarkan hasil penelitian, sampai saat ini tanggung jawab pengelolaan limbah B3 umumnya merupakan tanggung jawab tiap departemen selaku penghasil limbah B3. Pengelolaan limbah B3 yang telah diterapkan di tiap departemen di fakultas yang diteliti berbeda-beda. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik UI mengelola limbahnya baru sampai tahap pewadahan di tiap laboratoriumnya, tetapi pewadahan limbah kimia cairnya masih dicampur menjadi satu wadah, belum dikarakterisasi. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik UI telah mengkarakterisasi limbahnya dan telah melakukan pewadahan limbah kimia cair sesuai karakteristik limbahnya. Departemen Farmasi Fakultas MIPA UI telah bekerja sama dengan pihak ketiga untuk mengelola limbah B3-nya secara *off-site*. Departemen Kimia Fakultas MIPA UI mengelola limbahnya dengan membuang limbahnya ke sumur penampungan yang sebelumnya diwadahi terlebih dahulu di setiap laboratorium. Beberapa departemen di Fakultas Kedokteran yang telah bekerja sama dengan rumah sakit mengelola limbahnya dengan mengangkut limbah infeksiusnya ke rumah sakit terkait untuk dimusnahkan dengan insinerator, sedangkan beberapa departemen lainnya ada yang belum mengelola limbah B3 yang dihasilkannya dan ada yang mengelola limbahnya secara *on-site* menggunakan *autoclave* atau melalui proses desinfeksi. Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan Fakultas Kedokteran Gigi UI mengelola limbah padatnya dengan mengangkut limbahnya ke Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo untuk dimusnahkan dengan insinerator, sedangkan limbah cairnya untuk beberapa klinik pendidikan dibuang ke sumur penampungan dan klinik lainnya masih ada yang dibuang ke saluran drainase.

### 5.1.1 Fakultas Teknik

Di dalam perencanaannya, Fakultas Teknik akan bekerja sama dengan PPLI untuk mengolah limbah kimia B3 dari Departemen Teknik Sipil dan Departemen Teknik Kimia. Perencanaan ini belum terealisasikan sampai penelitian dilakukan. Namun, sejalan dengan perencanaan tersebut, Departemen Teknik Sipil dan Departemen Teknik Kimia telah melakukan penanganan limbah di tiap laboratoriumnya.

#### 5.1.1.1 Departemen Teknik Sipil

##### A. Limbah yang dihasilkan

Departemen Teknik Sipil memiliki Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan dan Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan. Sebagian besar limbah yang dihasilkan dari kedua laboratorium tersebut adalah limbah kimia cair karena kegiatan praktikum untuk pendidikan di dalam kedua laboratorium secara garis besar mengarah kepada pemeriksaan kualitas air, seperti kimia lingkungan, laboratorium lingkungan, dan mikrobiologi lingkungan. Meskipun jumlah limbah yang dihasilkan sedikit untuk sekali praktikum, limbah ini perlu diperhitungkan karena tidak menutup kemungkinan limbah tersebut mengakibatkan bahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan jika diakumulasikan setiap praktikum dan setiap waktunya. Limbah yang dihasilkan dari tiap laboratorium dapat diidentifikasi berdasarkan bahan kimia yang digunakan saat praktikum dan proses yang berlangsung selama kegiatan praktikum berlangsung. Identifikasi ini bertujuan untuk mempermudah mengenali komponen limbah yang dihasilkan dan karakteristiknya, sehingga dapat mempermudah dalam penanganan dan pengelolaan limbahnya, yang meliputi penampungan limbah dan pengelolaan limbah. Identifikasi limbah dilakukan secara teoritis yang didapat dari buku petunjuk praktikum dan informasi dari asisten praktikum atau laboran.

Di dalam Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan terdapat kegiatan praktikum untuk pendidikan S1, yaitu praktikum kimia lingkungan dan laboratorium lingkungan. Di dalam Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan



memiliki kegiatan praktikum untuk pendidikan S1, yaitu praktikum mikrobiologi lingkungan. Setiap kegiatan praktikum di kedua laboratorium ini memiliki limbah yang berbeda.

Limbah yang dihasilkan pada praktikum kimia lingkungan dan praktikum laboratorium lingkungan lebih didominasi oleh limbah kimia cair yang bersifat asam dan basa, seperti limbah asam sulfat karena setiap modul di dalam praktikum ini hampir seluruhnya menggunakan asam sulfat, terutama asam sulfat pekat. Meskipun jumlah yang digunakan untuk sekali praktikum sangat sedikit, limbah ini perlu dipertimbangkan sebagai limbah B3 yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan karena bersifat korosif. Selain itu, terdapat limbah larutan-larutan lainnya, seperti merkuri dan perak, dengan konsentrasi yang kecil dan dalam jumlah sedikit. Namun, limbah larutan-larutan tersebut perlu dipertimbangkan keberadaannya di lingkungan karena bersifat korosif/toksik/karakteristik lainnya yang berpotensi menimbulkan bahaya bagi lingkungan dan kesehatan meskipun kemungkinannya kecil.

Limbah yang dihasilkan pada praktikum mikrobiologi lingkungan lebih didominasi oleh limbah kimia cair untuk pewarnaan/pengecatan struktur sel mikroorganisme dan limbah cair yang mengandung biakan mikroba pada media agar. Limbah pewarna yang digunakan dalam praktikum ini adalah larutan *crystal violet*, larutan safranin, larutan alkohol aseton, dan larutan *lugol's iodine*.

Selain dari limbah praktikum, Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan juga memiliki bahan-bahan kimia kadaluarsa, baik berbentuk padatan maupun cairan. Bahan kimia kadaluarsa yang berbentuk padat ada yang berupa serbuk, sachet, ampuls, ampuls, dan *powder pillow*. Bahan kimia kadaluarsa yang berbentuk cair ada yang berupa cairan, asam, dan basa.

Rincian limbah yang dihasilkan dari ketiga modul praktikum program studi Teknik Lingkungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2. Rincian bahan kimia kadaluarsa lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3 untuk bahan kimia kadaluarsa berbentuk padat dan lampiran 4 untuk bahan kimia kadaluarsa berbentuk cair.

## B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Sebagian besar limbah kimia cair dari hasil Praktikum Kimia Lingkungan dan praktikum Laboratorium Lingkungan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan masih dibuang ke saluran drainase melalui wastafel sejak awal berdirinya laboratorium ini. Sebelum dibuang ke saluran drainase, limbah kimia cair ini diencerkan terlebih dahulu dengan air yang mengalir untuk mengurangi konsentrasi limbah cair yang akan dibuang ke lingkungan. Namun terkadang limbah kimia cair ini ditampung dalam wadah jerigen plastik berukuran 20 liter sejak tahun 2008. Kuantitas timbulan limbah kimia cair sampai saat ini diperkirakan mencapai 60 liter (3 jerigen). Di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan, setiap limbah kimia cair, seperti larutan *crystal violet*, larutan *lugol iodine*, dan larutan *safranin*, sejak tahun 2008 sudah ditampung di dalam wadah botol kaca, seperti gelas selai berukuran 500 ml dengan kuantitas yang terakumulasi dari tahun 2008 hingga saat ini. Namun, limbah-limbah yang ditampung dalam wadah-wadah tersebut dari Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan sejak awal penampungan dalam wadah hingga saat ini belum dikelola atau dimusnahkan lebih lanjut, meskipun untuk wadah limbah di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan sudah terdapat wadah yang telah penuh dengan limbah.

Tabel 5.1 Limbah yang Dihasilkan dan Kuantitas Limbah dari Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan Departemen Teknik Sipil FTUI

Nama Praktikum	Limbah yang Dihasilkan	Jumlah	Satuan
Mikrobiologi Lingkungan	Larutan <i>Crystal Violet</i>	0.3984	L
	Larutan <i>Lugol Iodine</i>	0.2652	L
	Larutan <i>Safranin</i>	0.6639	L

Sumber: Buku Petunjuk Praktikum Kimia Lingkungan, Laboratorium

Lingkungan, dan Mikrobiologi Lingkungan & Hasil Wawancara dengan

Laboran (2011)

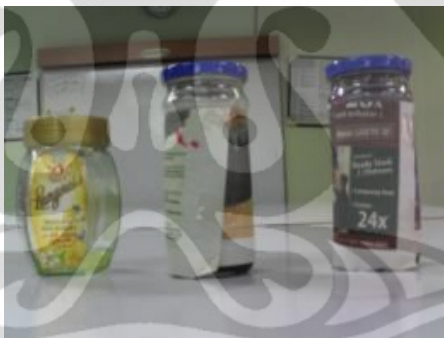
Wadah-wadah penampungan limbah ini biasanya ditempatkan di dekat wastafel sehingga memudahkan praktikan untuk membuang limbahnya ke wadah penampungan. Wadah-wadah penampungan yang telah penuh dengan limbah

masih disimpan dan ditempatkan di bawah rak meja praktikum di dalam Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan.



Gambar 5.1 Wadah Limbah Cair dari Praktikum Kimia Lingkungan dan Laboratorium Lingkungan

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

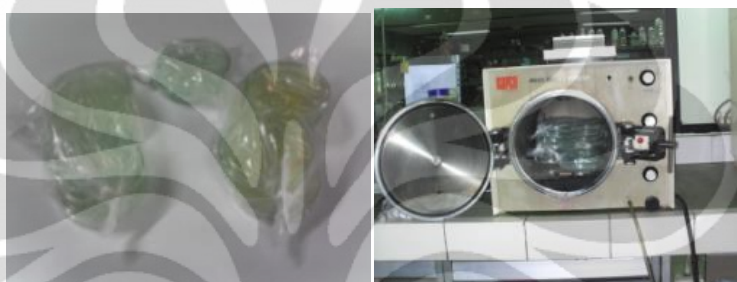


Gambar 5.2 Wadah Limbah Cair dari Praktikum Mikrobiologi Lingkungan

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Pengelolaan limbah media agar yang berwujud padat dari Laboratorium Mikrobiologi dilakukan dengan meng-*autoclave*-kan media agar tersebut pada suhu 121°C dan tekanan 15 psi selama 20 menit s.d. 1 jam. Hal ini bertujuan untuk mematikan bakteri tertentu, seperti *E. Coli*, *coliform*, *salmonella*, yang dibiakkan dalam media agar. Sebelum di-*autoclave*, cawan petri yang berisi media agar dibungkus terlebih dahulu dengan plastik bening tebal agar limbahnya tidak mengkontaminasi alat *autoclave*. Setelah proses *autoclave* tersebut, limbah media agar berubah wujud menjadi cair dan selanjutnya dibuang ke saluran melalui wastafel sambil dilakukan pengenceran konsentrasi dengan air yang mengalir.

Setelah itu, cawan petri yang digunakan sebagai wadah media agar tersebut disterilkan kembali dengan *autoclave*. Air yang keluar dari *autoclave* juga langsung dibuang ke saluran melalui wastafel. Selain menggunakan *autoclave*, limbah media agar yang membiakkan jamur disterilisasi dengan sinar UV, baru kemudian di-*autoclave* dengan perlakuan sama seperti uraian di atas, dan selanjutnya dibuang ke saluran melalui wastafel sambil dilakukan pengenceran konsentrasi dengan air yang mengalir.



Gambar 5.3 Pengelolaan Limbah pada Media Agar dari Praktikum Mikrobiologi Lingkungan

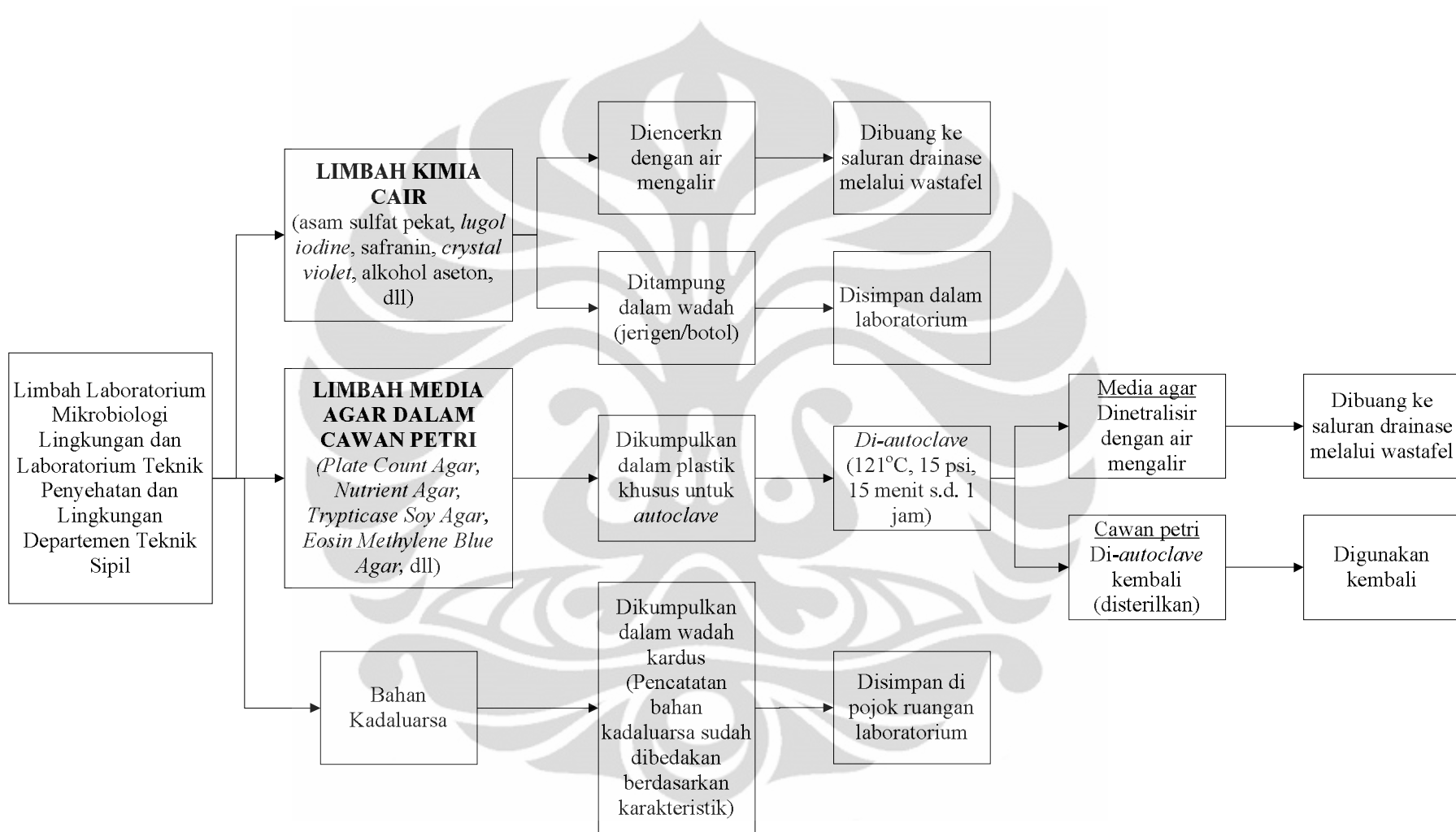
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Untuk bahan-bahan kimia kadaluarsa, tidak ada pengelolaan khusus. Bahan-bahan kimia kadaluarsa ini masih berada dalam kemasannya dan dikumpulkan menjadi satu dalam beberapa wadah kardus besar tanpa dibedakan berdasarkan karakteristiknya. Namun, dalam pencatatan data bahan-bahan kimia kadaluarsa di laboratorium ini, laboran telah memisahkannya berdasarkan karakteristik. Bahan-bahan kimia kadaluarsa ini ditempatkan di pojok ruangan laboratorium. Namun, bahan-bahan kimia kadaluarsa yang telah dikumpulkan ini belum dikelola lebih lanjut.



Gambar 5.4 Penyimpanan Bahan Kimia Kadaluarsa

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.5 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Teknik Sipil UI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

### 5.1.1.2 Departemen Teknik Kimia

#### A. Limbah yang dihasilkan

Kegiatan praktikum di Departemen Teknik Kimia yang berpotensi menghasilkan limbah B3 adalah Praktikum Kimia Dasar, Praktikum Kimia Analitik, dan Praktikum Kimia Fisika. Limbah yang dihasilkan dari Praktikum Kimia Dasar adalah metanol, *benzene*, *toluene*, eter,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{NaOCl}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HoAc}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Al}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}_2$ , dan  $\text{Br}_2$ . Limbah yang dihasilkan dari Praktikum Kimia Analitik adalah kloroform,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HoAc}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{I}^-$ , dan  $\text{I}_2$ . Limbah yang dihasilkan dari Praktikum Kimia Fisika adalah kloroform, aseton, etanol,  $\text{CCl}_4$ , *benzene*,  $\text{HoAc}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , dan  $\text{Cu}^{2+}$ .

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di Departemen Teknik Kimia memiliki karakteristik atau komponen yang bervariasi. Departemen Teknik Kimia telah melakukan segregasi limbahnya dengan memperhatikan beberapa hal, yaitu karakteristik limbah, kehadiran senyawa khusus, wujud limbah, pH larutan, dan ketersediaan teknologi dan kemudahan pengolahan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kelompok besar limbah yang dihasilkan dari kegiatan laboratorium Departemen Teknik Kimia, yaitu:

- Limbah cair organik  
Limbah cair organik yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di Departemen Teknik Kimia adalah campuran aseton-kloroform-air, campuran etanol-asetat, dan etanol-aseton.
- Limbah padat mengandung logam  
Limbah padat mengandung logam yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di Departemen Teknik Kimia adalah  $\text{AgCl}$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ , dan  $\text{CuSO}_4$ .
- Limbah cair beracun  
Limbah cair beracun ini umumnya berupa limbah cair dari bahan kimia logam berat. Limbah logam berat ini dibagi menjadi empat sub kelompok

dengan mempertimbangkan kehadiran beberapa senyawa yang memiliki karakteristik khusus. Adapun pembagian limbah logam berat di Departemen Teknik Kimia adalah sebagai berikut:

a. Logam berat 1

Limbah yang termasuk ke dalam logam berat ini adalah limbah logam berat yang tidak mengandung senyawa khusus, seperti perak (Ag), *cuprum* (Cu), kobalt (Co), kromium (Cr), besi (Fe), aluminium (Al), dan seng (Zn).

b. Logam berat 2

Limbah yang termasuk ke dalam logam berat ini adalah limbah logam berat yang mengandung senyawa oksidator, seperti kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) dan ion iod (I<sup>-</sup>).

c. Logam berat 3

Limbah yang termasuk ke dalam logam berat ini adalah limbah logam yang membutuhkan penambahan senyawa reduktor, seperti Cr<sup>6+</sup>.

d. Logam berat 4

Limbah yang termasuk ke dalam logam berat ini adalah limbah logam yang mengandung senyawa tiosianat. Limbah logam berat ini tidak dapat dicampur dengan limbah logam berat 1 karena senyawa tiosianat akan bereaksi dengan asam yang ada pada sub kelompok limbah logam berat 1.

- Limbah cair korosif

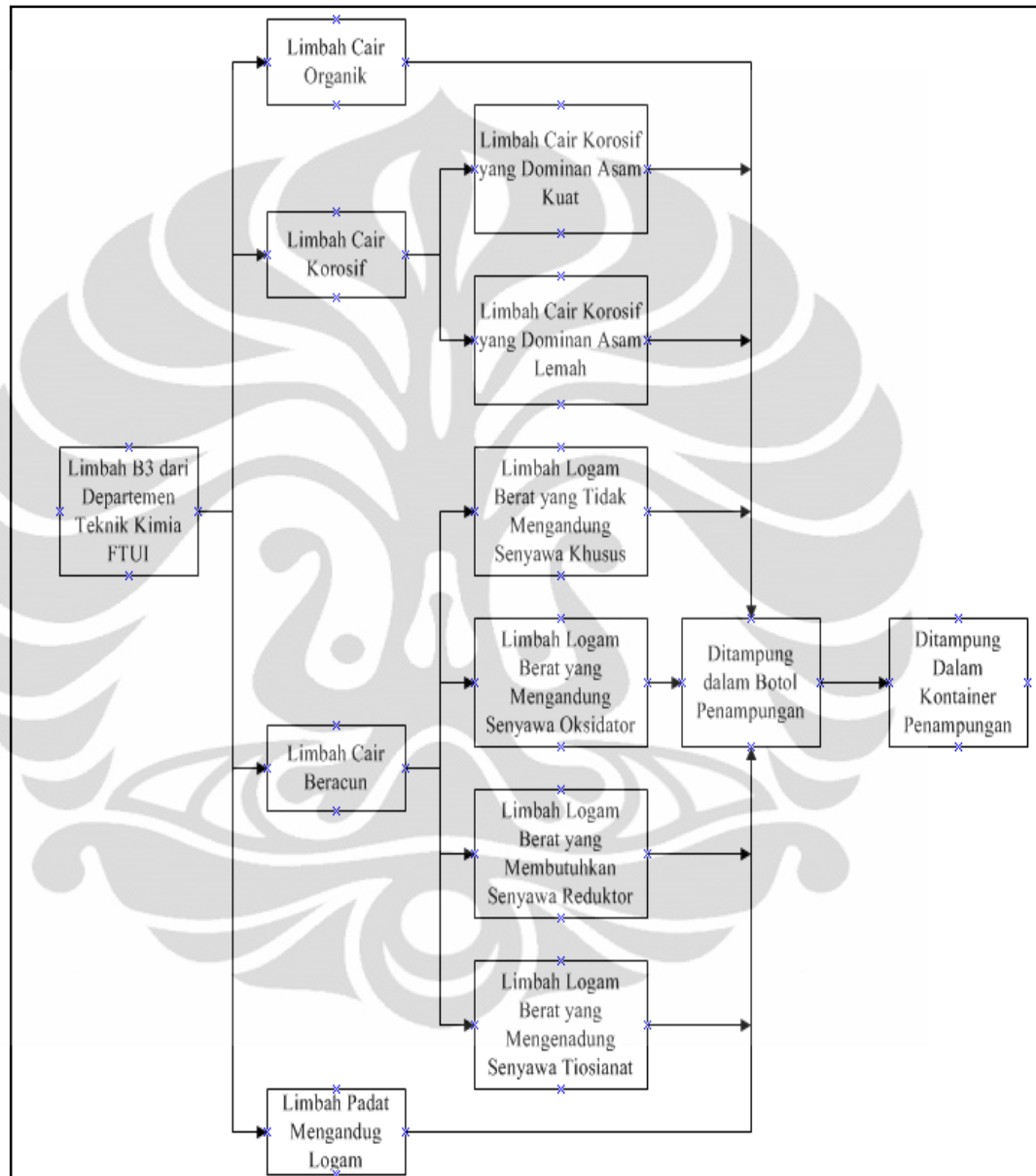
Limbah cair korosif umumnya memiliki permasalahan pada pH limbah. Limbah ini tidak dapat dicampur menjadi satu dengan limbah lain, sehingga dipisahkan menjadi satu kelompok besar. Limbah cair korosif ini dibagi menjadi dua sub kelompok yang didasarkan pada perbedaan sifat komponen limbah, yaitu limbah korosif yang mengandung asam kuat lebih dominan dan limbah korosif yang mengandung asam lemah lebih dominan

## B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Pada dasarnya, sebagian besar limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di Laboratorium Departemen Teknik Kimia telah ditampung

**Universitas Indonesia**

berdasarkan karakteristiknya. Setiap limbah yang dihasilkan pertama kali ditampung dalam botol penampungan, selanjutnya jika sudah penuh limbah tersebut dipindahkan ke kontainer penampungan.



Gambar 5.6 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Teknik Kimia FTUI

Sumber: Hasil Olahan penulis, 2011



## 5.1.2 Fakultas Matematika dan IPA

### 5.1.2.1 Departemen Kimia

Departemen Kimia memiliki limbah laboratorium dimana tiga di antaranya merupakan gabungan dari dua laboratorium yang berbeda, yaitu Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Analisis dan Kimia Fisik, Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia, Laboratorium Penelitian, dan Laboratorium Afiliasi. Kegiatan di Laboratorium Penelitian sangat bergantung pada kegiatan penelitian mahasiswa atau dosen, sedangkan kegiatan di Laboratorium Afiliasi yang lebih memfasilitasi untuk pelayanan masyarakat bergantung pada permintaan masyarakat dalam pemeriksaan sampelnya sehingga kegiatan yang terjadi di dalam dua laboratorium ini tidak dapat diprediksi dan diperhitungkan. Oleh karena itu, penulis lebih memfokuskan pada tiga laboratorium pendidikan.

Kegiatan praktikum untuk pendidikan yang ada di dalam Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik untuk dua semester, baik semester ganjil maupun semester genap, adalah Praktikum Kimia Dasar I, Praktikum Kimia Dasar II, Praktikum Sintesis Senyawa Koordinasi, dan Praktikum Kimia Logam dan Non-Logam. Kegiatan praktikum pendidikan pada semester genap dilakukan setiap hari Senin, hari Kamis, dan hari Jumat, sedangkan kegiatan praktikum pada semester ganjil dilakukan setiap hari Rabu dan hari Jumat. Setiap harinya kegiatan ini dilakukan pada pukul 08.00-15.30 WIB, dimana kegiatannya dibagi menjadi dua *shift* yang kurang lebih terdiri dari 60 orang di dalam laboratorium setiap harinya. Satu *shift* terdiri dari kurang lebih 15-20 kelompok dan masing-masing kelompok terdiri dari 2-3 orang.

Kegiatan praktikum untuk pendidikan yang ada di dalam Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia untuk dua semester, baik semester ganjil maupun semester genap, adalah Praktikum Sintesis Organik dan Praktikum Biokimia pada semester genap, serta Praktikum Preparatif pada semester ganjil. Pada semester genap, praktikum di laboratorium ini dilakukan pada hari Senin hingga hari Kamis, dimana terdapat dua pembagian *shift*, yaitu *shift* pagi untuk mahasiswa S1 reguler dan *shift* sore untuk mahasiswa S1 non-reguler. Pada semester ganjil,

praktikum di laboratorium ini terdiri dari 8 kali periode setiap minggunya. Dalam satu semester, setiap praktikum terdiri dari kurang lebih 60 mahasiswa, dengan pembagian kelompok sebanyak 30 orang, sehingga setiap kelompok terdiri dari 2 orang.

Kegiatan praktikum untuk pendidikan yang ada di dalam Laboratorium Kimia Analisis dan Kimia Fisik untuk dua semester, baik semester ganjil maupun semester genap, adalah Praktikum Analisa Instrumentasi, Praktikum Analisis Anorganik Kualitatif, dan Praktikum Analisis Anorganik Kuantitatif. Kegiatan praktikum pendidikan di laboratorium ini biasanya dilakukan setiap hari Senin hingga hari Jumat dari pukul 08.00-16.30 WIB. Kegiatan praktikum ini tidak hanya untuk mahasiswa reguler, tetapi juga mahasiswi non-reguler. Kapasitas di laboratorium ini mencapai 50-60 orang mahasiswa, dimana setiap kelompok tersiri dari 2 – 5 orang.

#### A. Limbah yang dihasilkan

Pada umumnya, limbah yang dihasilkan oleh ketiga laboratorium di Departemen Kimia FMIPA UI memiliki jenis limbah yang hampir serupa. Selain limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum, juga terdapat bahan-bahan kimia kadaluarsa di setiap laboratorium.

Pada Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik, limbah yang dihasilkan sudah dilakukan penampungan dalam wadah jerigen dan dibedakan berdasarkan karakterisasinya, yaitu limbah asam, limbah basa, limbah buangan organik, limbah logam berat (bersifat toksik tinggi), limbah logam berat (bersifat toksik sedang), dan limbah logam berat (bersifat toksik rendah). Limbah logam berat yang bersifat toksik tinggi terdiri dari limbah yang mengandung logam merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), *cuprum* (Cu), dan seng (Zn). Limbah logam berat yang bersifat toksik sedang terdiri dari limbah yang mengandung logam krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co). Limbah logam berat yang bersifat toksik rendah terdiri dari limbah yang mengandung logam mangan (Mn) dan besi (Fe). Berdasarkan modul praktikum di laboratorium ini, bahan kimia yang berpotensi menjadi limbah dapat dilihat secara rinci di lampiran 5.

Pada Laboratorium Kimia Organik dan Kimia Biokimia, limbah yang dihasilkan didominasi oleh limbah organik. Adapun limbah yang dihasilkan di laboratorium ini sudah dilakukan penampungan dalam wadah jerigen dan dibedakan berdasarkan karakterisasinya, yaitu limbah alkohol, limbah amonia, limbah keton, limbah asam mineral, limbah *nitrobenzene*, limbah *ether*, dan limbah sintesis asam pikrat.

Pada Laboratorium Kimia Analisis dan Kimia Fisik, limbah yang dihasilkan belum dilakukan penampungan dalam wadah jerigen dan dibedakan berdasarkan karakterisasinya. Namun, hanya limbah tertentu saja yang sudah ditampung, seperti limbah butil asetat. Selain limbah butil asetat, limbah kimia cair lain yang berpotensi dihasilkan dari laboratorium ini adalah limbah asam/basa (asam sulfat, asam nitrat, asam klorida, ammonium hidroksida). limbah kloroform, limbah kalium iodida, padatan H<sub>2</sub>S, etanol, metanol, propanol, butanol, dan logam (Cu, Pb, Hg, As, Cd, Sn, Fe, Ag). Jika dilihat dari bahan kimia yang digunakan, limbah ini juga berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung benzen, sikloheksana, p-xylene, o-xylene, asam askorbat, CCl<sub>4</sub>, tetrametilsilan, quinine sulfat dihidrat, asam salisilat, asam benzoat, natrium tiosulfat, larutan EDTA, larutan EBT, larutan mureksid, larutan barium klorida 5%, larutan KCN, larutan magnesium klorida, larutan dimetil glioksima, indikator eosin, larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, larutan kalium bromida, natrium klorida padat, larutan kalium permanganate, larutan Cr(III), dan larutan Co(II). Praktikum Kimia Analisa Kualitatif dan Kimia Analisa Kuantitatif menghasilkan limbah asam paling banyak. Berdasarkan modul praktikum di laboratorium ini, bahan kimia yang berpotensi menjadi limbah dapat dilihat secara rinci di lampiran 6.

#### B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Secara umum, limbah cair dari hasil praktikum di laboratorium kimia ada yang masih dibuang ke saluran drainase melalui wastafel dengan pengenceran menggunakan air terlebih dahulu dan ada juga yang ditampung sesuai karakteristik limbahnya dalam wadah jerigen plastik atau botol kaca dengan ukuran bermacam-macam. Limbah-limbah yang ditampung tersebut setiap akhir semester ada yang dibuang langsung ke saluran drainase melalui wastafel dengan

pengenceran terlebih dahulu. Pembuangan langsung dengan pengenceran ini dilakukan untuk limbah yang tidak terlalu berbahaya. Limbah-limbah berbahaya yang ditampung dalam wadah di setiap laboratorium diserahkan ke bagian logistik jika limbah tersebut telah terisi penuh untuk selanjutnya dikumpulkan dan dibuang secara bersamaan oleh bagian logistik. Limbah tersebut biasanya dibuang setiap akhir semester ke dalam sumur penampungan berukuran  $(2 \times 2 \times 2) \text{ m}^3$  yang berada di belakang Gedung Departemen Kimia. Limbah yang diserahkan tersebut, baik limbah organik maupun limbah anorganik, diencerkan terlebih dahulu sebelum dibuang ke sumur penampungan. Sumur penampungan ini baru dibuat sejak tahun 2000. Namun, penjelasan lebih detail mengenai sumur penampungan ini tidak dapat diperoleh karena keterbatasan data. Berdasarkan informasi dari Pak Hedi, Bagian Logistik Departemen Kimia, sumur tersebut dilapisi oleh ijuk dan pasir kasar. Namun, di salah satu laboratorium, yaitu Laboratorium Kimia Analisis dan Kimia Fisik, ada limbah cair yang berbahaya tetapi tidak ditampung di dalam wadah melainkan langsung dibuang ke saluran melalui wastafel dengan pengenceran terlebih dahulu, kecuali limbah butil asetat yang ditampung dalam jerigen lalu jika limbah tersebut sudah penuh diserahkan ke bagian logistik untuk dibuang ke sumur penampungan.

Hasil sintesis dari kegiatan praktikum pendidikan Laboratorium Kimia Organik dan Kimia Biokimia digunakan kembali untuk kegiatan praktikum pendidikan lainnya. Limbah organik dari kegiatan praktikum pendidikan di laboratorium ini, seperti limbah nitrobenzen, limbah eter, dan limbah asam pikrat ditampung dalam wadah jerigen plastik, kemudian diserahkan ke bagian logistik jika sudah mencapai 20 liter.

Bahan-bahan kimia kadaluarsa di setiap laboratorium umumnya lebih banyak yang digunakan hanya untuk praktikum pendidikan karena kegiatan praktikum untuk pendidikan lebih mengutamakan kepada analisis dari hasil yang diperoleh dan dianggap tidak mempengaruhi hasil secara signifikan, tetapi bahan-bahan kimia kadaluarsa tersebut tidak digunakan untuk penelitian dan pelayanan masyarakat. Namun, bahan-bahan kimia kadaluarsa Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik tidak ada yang digunakan untuk kegiatan praktikum, tetapi langsung diserahkan ke bagian logistik. Di bagian logistik, bahan-bahan kimia

kadaluarsa ini masih tersimpan di dalam gudang dan belum ada pemusnahan ataupun pembuangan terhadap bahan-bahan kimia kadaluarsa tersebut.

Berikut merupakan rincian limbah yang dihasilkan dan pengelolaan limbah di tiap laboratorium di Departemen Kimia FMIPA UI.

Tabel 5.2 Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik Departemen Kimia FMIPA UI

Kriteria Limbah	Nama Limbah	Jumlah* (L/semester)	Penampungan	Keterangan
Limbah Asam		8.25	Ditampung di jerigen 25 L (p x l x t = 25 x 20 x 50)	Setelah penuh, diencerkan dan dibuang ke saluran
Limbah Basa		2.75	Ditampung di jerigen 25 L (p x l x t = 25 x 20 x 50)	Setelah penuh, diencerkan dan dibuang ke saluran
Limbah Buangan Organik		3.795	Ditampung di jerigen 5 L (p x l x t = 30 x 11 x 15)	Diserahkan ke logistik dan dibuang ke sumur penampungan
Limbah Logam Berat (Bersifat Toksik Tinggi)	Hg, Cd, Pb, Cu, Zn	2.1	Ditampung di jerigen 10 L (p x l x t = 14 x 25 x 30)	Diserahkan ke logistik dan dibuang ke sumur penampungan
Limbah Logam Berat (Bersifat Toksik Sedang)	Cr, Ni, Co	0.875	Ditampung di jerigen 10 L (p x l x t = 14 x 25 x 30)	Diserahkan ke logistik dan dibuang ke sumur penampungan
Limbah Logam Berat (Bersifat Toksik Rendah)	Mn, Fe	0	Ditampung di jerigen 10 L (p x l x t = 14 x 25 x 30)	Diserahkan ke logistik dan dibuang ke sumur penampungan
Bahan kimia kadaluarsa				Diserahkan ke logistik

Sumber: Hasil Wawancara dengan Laboran (Rohati) & Hasil Pengukuran Penulis (9 Maret 2011)

\* Jumlah yang tertera merupakan limbah yang terukur saat pengambilan data yang hanya dilakukan satu kali pengambilan data pada tanggal 9 Maret 2011. Jumlah tersebut merupakan kuantitas yang dihasilkan sejak semester ganjil lalu.



Gambar 5.7 Wadah limbah cair Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Tabel 5.3 Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia Departemen Kimia FMIPA UI

Kriteria Limbah	Jumlah (Liter/semester)	Penampungan	Keterangan
Limbah Alkohol	10 L/semester	Ditampung di botol kaca 2.5 L	Setelah penuh, diencerkan dan dibuang ke saluran
Limbah Amonia		Ditampung di botol kaca 2.5 L	
Limbah Keton		Ditampung di botol kaca 2.5 L	Diserahkan ke logistik dan dibuang ke sumur penampungan
Limbah Asam Mineral		Ditampung di botol kaca 2.5 L	
Limbah Nitrobenzen	10 L/semester	Ditampung di botol kaca 5 L	Diserahkan ke logistik dan dibuang ke sumur penampungan
Limbah Ether		Ditampung di botol kaca 5 L	
Limbah Sintesis Asam Pikrat		Ditampung di jerigen 20 L	Diserahkan ke logistik
Bahan kimia kadaluarsa	-	-	Tetap digunakan untuk praktikum pendidikan

Sumber: Hasil Wawancara Laboran (Emma Hermawati) & Hasil Pengamatan Penulis (3 Maret 2011)



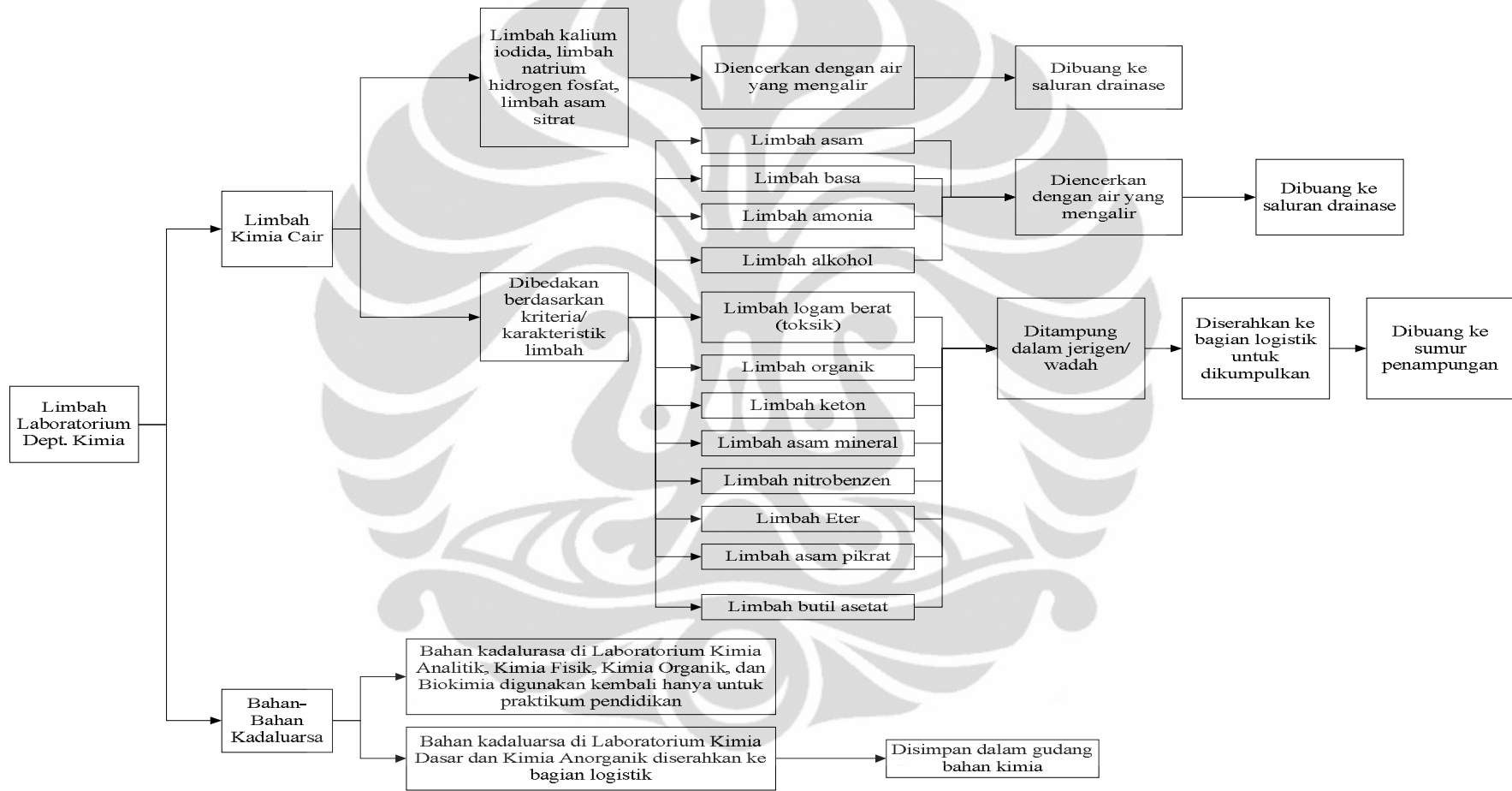
Gambar 5.8 Wadah Limbah Cair Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Tabel 5.4 Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia Analisis dan Kimia Fisik Departemen Kimia FMIPA UI

Kriteria Limbah	Jumlah	Penampungan	Keterangan
Limbah asam/basa	-	-	Sebelum dibuang langsung ke wastafel, limbah ini diencerkan terlebih dahulu hingga mencapai pH normal.
Butil asetat	10 Liter/semester	Ditampung di jerigen 20 L	Diserahkan ke logistik dan dibuang ke sumur penampungan.
Limbah logam: Cu, Pb, Hg	-	Ditampung	Masih disimpan di laboratorium
Padatan H <sub>2</sub> S	-	-	
Kloroform	200 mL/bulan	Ditampung	Diencerkan dan dibuang ke saluran drainase melalui wastafel.
Kalium Iodida	400 mL/praktikum	-	
Bahan kimia kadaluarsa	-	-	Digunakan kembali

Sumber: Hasil Wawancara dengan Laboran (Ina) & Hasil Pengamatan Penulis (Maret 2011)



Gambar 5.9 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Kimia FMIPA UI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011



### 5.1.2.2 Departemen Farmasi

#### A. Limbah yang dihasilkan

Departemen Farmasi terdiri dari beberapa laboratorium diantaranya adalah Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE). Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) adalah suatu laboratorium yang bergerak di bidang pengujian obat dalam matriks biologi untuk industri farmasi maupun lembaga-lembaga riset. Tugas dan fungsi dari laboratorium BA-BE adalah menganalisis obat termasuk metabolitnya di dalam matriks biologi (plasma/serum, urin, dan lain-lain) serta melakukan evaluasi bioavailabilitas dan bioekivalensi obat sesuai standar atau regulasi yang berlaku dengan cara membandingkan suatu produk obat *copy* apakah memiliki efek terapeutik yang sama dengan produk inovatornya.

Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) telah bekerja sama dengan pihak ketiga dalam mengelola limbah B3, yaitu perusahaan jasa pengolahan limbah B3. Kerjasama ini berlaku setiap satu tahun. Jika ingin melakukan kerjasama di tahun selanjutnya, harus dilakukan perjanjian kerjasama kembali. Penanganan limbah B3 yang telah dilakukan oleh laboratorium ini adalah tahap penampungan dan pelabelan limbah. Pengangkutan limbah hingga tahap pemusnahan limbah B3 dilakukan oleh pihak ketiga.

Berdasarkan perjanjian kerjasama dengan pihak ketiga, limbah di Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) dibagi menjadi 4 kriteria. Pembagian kriteria ini tidak diarahkan secara mendetail rincian apa saja yang harus masuk ke dalam kriteria tersebut. 4 kriteria limbah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kimia padat

Limbah yang termasuk ke dalam kriteria limbah kimia padat berasal dari hasil proses sampling pada subyek untuk pengujian obat yang menggunakan sampel darah, seperti botol kemasan obat-obatan, strip obat, dan lain sebagainya. Limbah ini dibuang dalam plastik kuning medis yang diwadahi di dalam tempat sampah. Pengangkutan limbah ini dilakukan bersamaan dengan pengangkutan limbah dengan kriteria lainnya.

- **Medis infeksius jarum**

Limbah yang termasuk ke dalam kriteria limbah medis infeksius jarum adalah semua limbah yang berupa jarum atau jarum dan spuit. Limbah ini dikumpulkan dalam satu atau dua jerigen kecil yang berbahan anti tusuk. Limbah ini biasanya dihasilkan dari kegiatan pengambilan darah yang dilakukan untuk penelitian, sehingga kuantitas limbah medis infeksius jarum bergantung pada banyaknya pengambilan darah. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor:HK.00.05.3.1818 Tahun 2005 Tentang Pedoman Uji Bioekivalensi, jumlah subyek minimal adalah 12 orang, kecuali dalam kondisi khusus yang perlu penjelasan. Pada umumnya dibutuhkan 18-24 subyek. Untuk kebanyakan obat diperlukan 12-18 sampel darah. Dengan kata lain, setiap subyek dalam pengujian obat biasanya diperlukan 12-18 titik pengambilan darah, sehingga limbah medis infeksius jarum yang dihasilkan untuk setiap kali pengujian obat pada satu orang subyek biasanya sebanyak 12-18 jarum suntik. Pengangkutan limbah ini tidak dilakukan secara rutin sebagaimana yang telah disesuaikan dengan jadwal pengangkutan limbah rutin karena tergantung pada ada atau tidaknya kegiatan pengujian obat yang menggunakan sampel darah.

- **Medis infeksius selain jarum**

Limbah ini biasanya dihasilkan dari kegiatan pengambilan darah yang dilakukan untuk penelitian. Limbah yang termasuk ke dalam kriteria limbah medis infeksius dibedakan lagi berdasarkan jenisnya, yaitu limbah yang berbahan plastik, limbah yang berbahan kain, limbah berupa sampel. Limbah medis infeksius selain jarum yang berbahan plastik adalah spuit, plastik pembungkus spuit, dan plastik pembungkus jarum. Limbah medis infeksius selain jarum yang berbahan kain adalah sarung tangan yang terkontaminasi darah, masker kain yang terkontaminasi darah, plester yang terkontaminasi darah, dan kapas yang terkontaminasi darah. Limbah medis infeksius selain jarum berupa sampel adalah limbah sampel plasma dan tabung pengambil darah yang berisi antikoagulan (heparin/EDTA). Sama halnya dengan medis infeksius jarum, limbah ini juga dikumpulkan dalam

kantong plastik kuning yang diwadahi di dalam tempat sampah. Sama halnya dengan pengangkutan limbah medis infeksius jarum, pengangkutan limbah ini tidak dilakukan secara rutin sebagaimana yang telah disesuaikan dengan jadwal pengangkutan limbah rutin karena tergantung pada ada atau tidaknya kegiatan pengujian obat yang menggunakan sampel darah.



Gambar 5.10 Tabung Heparin

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

- Kimia cair

Limbah kimia cair biasanya paling banyak dihasilkan dari kegiatan pengujian obat/metode analisis yang menggunakan alat *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Limbah kimia cair yang biasanya dihasilkan dari alat ini adalah campuran dari asetonitril, metanol, aquabides, asam pekat yang telah diencerkan, dan garam. Selain limbah dari pengujian obat tersebut dihasilkan pula limbah dari kegiatan preparasi, yaitu pelarut untuk ekstraksi obat dalam plasma, seperti *trichloroacetic acid*, dietil eter, etil asetat, dan diklorometan. Limbah ini dikumpulkan dalam jerigen yang berukuran 20 liter. Pengangkutan limbah oleh pihak ketiga dilakukan ketika volume limbah mencapai 100 liter, sehingga jerigen limbah cair yang diangkut dari Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) sebanyak 5 buah.

## B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Pengelolaan limbah B3 yang telah diterapkan di Departemen Farmasi, Fakultas MIPA UI secara umum bersifat pengelolaan *off-site* yang menggunakan jasa pihak ketiga sebagai pemusnah limbahnya. Namun, sebelum limbah dari departemen ini diserahkan ke pihak ketiga, departemen ini mengumpulkan limbahnya terlebih dahulu ke dalam wadah penampungan yang telah diberi label sesuai kriteria limbahnya.

Wadah penampungan limbah kimia padat dan limbah medis infeksius selain jarum adalah tempat sampah yang didalamnya berisi kantong plastik kuning. Setelah kantong plastik kuning tersebut telah penuh atau telah berisi 2/3 volumenya, kantong plastik tersebut dikumpulkan untuk siap diangkut oleh pihak ketiga. Wadah penampungan limbah medis infeksius jarum adalah jerigen plastik kecil yang anti tusuk. Wadah penampungan limbah kimia cair adalah jerigen plastik berukuran 20 liter.

Lokasi tempat sampah atau jerigen untuk membuang limbah-limbah tersebut disediakan di setiap ruang di dalam laboratorium ini. Pada ruang instrumentasi, wadah penampungan limbah ditempatkan pada ruangan di sebelah alat yang menghasilkan limbah, yaitu alat *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Pada ruang preparasi, wadah penampungan limbah ditempatkan di dekat meja preparasi. Di dalam ruang pengambilan darah pada subyek untuk kegiatan sampling, wadah penampungan limbah ditempatkan di dekat lokasi pengambilan sampel, dimana wadah tersebut terdiri dari wadah penampungan untuk limbah medis infeksius jarum dan wadah penampungan untuk limbah medis infeksius selain jarum.

Setiap limbah kimia cair yang dihasilkan oleh Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) akan diangkut oleh pihak ketiga pada waktu yang telah ditentukan sesuai jadwal pengangkutan limbah rutin. Pengangkutan limbah biasanya dilakukan setiap tiga bulan sekali dengan jumlah minimal 100 liter. Pengangkutan limbah juga dapat dilakukan jika limbah yang dihasilkan dari laboratorium ini telah mencapai volume minimal 100 liter atau 100 kilogram, meskipun tidak dalam jangka waktu 3 bulan. Namun, jika dalam jangka waktu 3 bulan limbah yang dihasilkan belum mencapai volume 100 liter atau 100

kilogram, pihak laboratorium dapat mengambil limbah dari laboratorium lain yang memiliki karakteristik limbah yang sejenis dari laboraotirum lain.



Gambar 5.11 Wadah Jerigen Penampungan Limbah Kimia Cair di Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE)

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

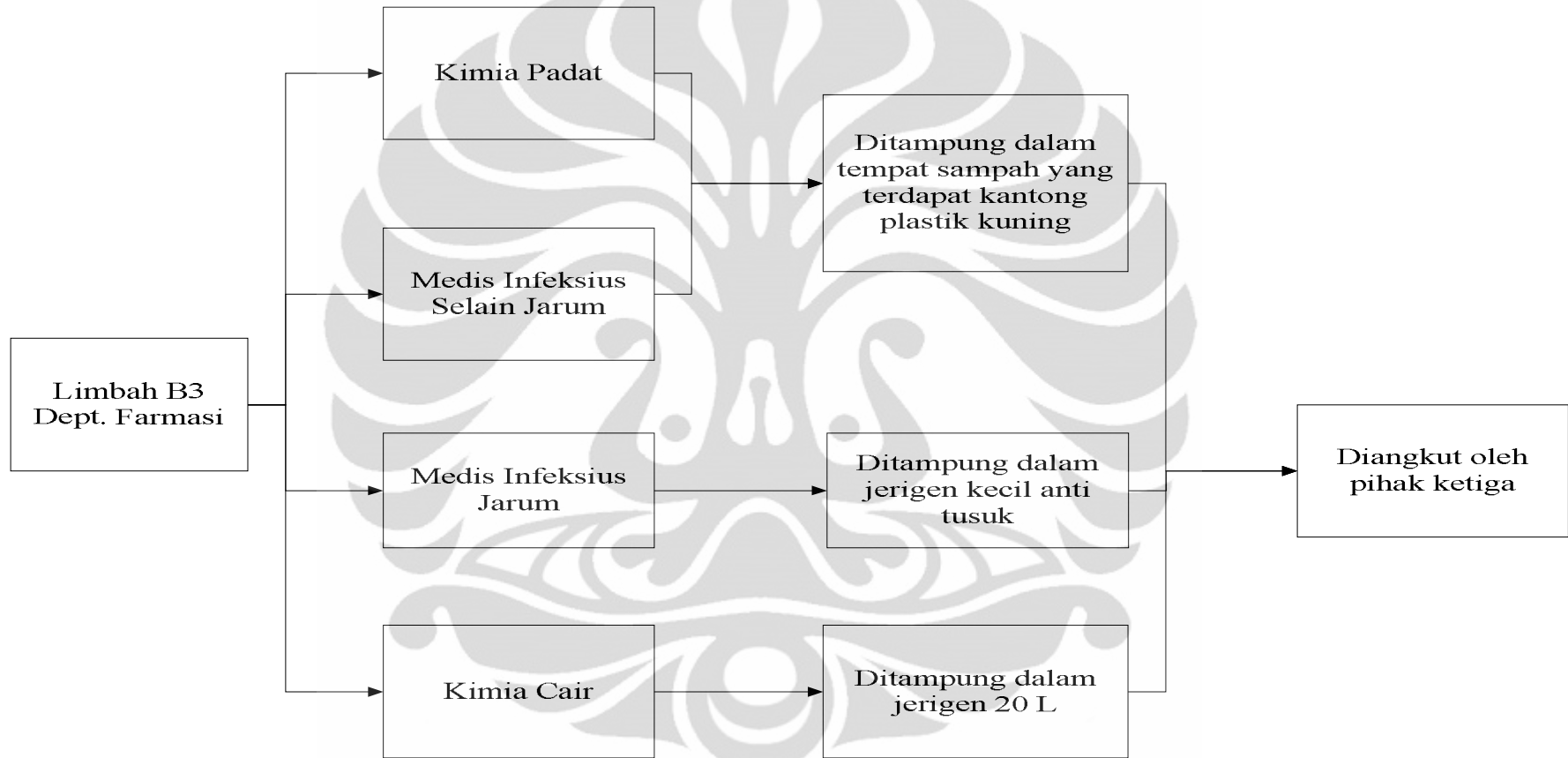
Selain limbah kimia cair, pengangkutan limbah dengan kriteria lainnya dilakukan tergantung pada ada tidaknya pengujian, tetapi pengangkutannya disesuaikan dengan pengangkutan limbah kimia cair. Hal ini dilakukan untuk memperkecil biaya pengangkutan, karena limbah selain limbah kimia cair memiliki jumlah yang relatif sedikit. Waktu pengangkutan tersebut menimbulkan pertanyaan jika pengujian yang dilakukan dan batas penyimpanannya tidak sesuai dengan waktu pengangkutan limbah kimia cair. Misalnya, pengujian dilakukan bulan Januari dimana pengangkutan limbah pengujian tersebut seharusnya dilakukan pada bulan Maret, sedangkan sesuai kesepakatan bahwa pengangkutan limbah kimia cair dilakukan pada bulan April. Hal ini perlu dibahas kembali, melihat kondisi limbah yang dihasilkan dari kegiatan pengujian tersebut merupakan limbah B3 dimana berdasarkan Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 jo. Peraturan Pemerintah No.85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa batas penyimpanan paling lama 90 hari sebelum diserahkan kepada pemanfaat dan/atau pengolah dan/atau penimbun limbah B3.

Berikut merupakan rincian limbah yang dihasilkan dan pengelolaan limbah di Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) Departemen Farmasi FMIPA UI.

Tabel 5.5 Limbah yang Dihasilkan dan Pengelolaan Limbah dari Laboratorium Bioavailabilitas-Bioekivalensi (BA-BE) Departemen Farmasi FMIPA (2010)

Kriteria Limbah	Nama Limbah	Jumlah	Penampungan	Pengangkutan
Kimia Padat	Botol kemasan obat-obatan, strip obat		Plastik kuning medis	Tidak rutin
Medis infeksius jarum	Jarum, jarum dan spuit	Tergantung pengujian	1 atau 2 jerigen kecil anti tusuk	Tidak rutin
Medis infeksius selain jarum	Kain: Sarung tangan yang terkontaminasi darah, masker kain yang terkontaminasi darah, kapas yang terkontaminasi darah	Tergantung pengujian	Plastik kuning medis	Tidak rutin
	Plastik: Spuit, plastik pembungkus spuit, plastik pembungkus jarum,			
	Sampel: Tabung pengambil darah yang berisi antikoagulan (heparin/EDTA)			
Kimia Cair	Campuran asetonitril, metanol, aquibides, asam pekat yang diencerkan, dan garam	Minimal 100 liter/3 bulan	Jerigen berukuran 20 liter	Rutin (3 bulan sekali)
	<i>Trichloroacetic acid</i> , dietil eter, etil asetat, dan diklorometan			

Sumber: Hasil Wawancara dengan Supervisor Bioanalisis, Utami Pravita Sari & Manajer Administrasi, Krisnasari Dianpratami, Laboratorium BA-BE (2010)



Gambar 5.12 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Farmasi UI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

Untuk penyediaan bahan-bahan kimia di laboratorium ini melakukan sistem *first in first out*, dimana bahan kimia disediakan tiap semester sesuai dengan kebutuhan di semester tersebut dan disimpan di lemari penyimpanan, sehingga tidak ada bahan yang kadaluarsa.

### 5.1.3 Fakultas Kedokteran

Pada umumnya, limbah B3 yang dihasilkan dari Fakultas Kedokteran adalah limbah padat infeksius, tetapi tidak menutup kemungkinan timbulnya limbah cair B3 lain yang memiliki karakteristik yang berbeda. Setiap limbah padat infeksius ataupun limbah cair B3 lainnya yang dihasilkan dari tiap departemen yang ada di Fakultas Kedokteran memiliki perlakuan pengelolaan yang berbeda. Limbah padat infeksius atau limbah cair B3 lain dari departemen-departemen yang bekerja sama dengan rumah sakit, seperti Departemen Patologi Klinik dan Departemen Patologi Anatomi, dikelola oleh Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo untuk dimusnahkan dengan insinerator. Namun, limbah padat infeksius atau limbah cair B3 lain selain dari departemen tersebut tidak memiliki pengelolaan limbah secara khusus, kecuali Departemen Parasitologi yang mengelola limbah padat infeksius atau limbah cair B3 lainnya di Rumah Sakit Sulianti Suroso untuk dimusnahkan dengan insinerator. Dengan kata lain, Fakultas Kedokteran UI secara internal belum memiliki pengelolaan limbah padat infeksius atau limbah cair B3 lain secara khusus untuk seluruh departemen di dalamnya, tetapi terdapat beberapa departemen yang memiliki penanganan tersendiri terhadap limbah B3 yang dihasilkannya. Untuk lebih jelasnya, berikut merupakan uraian pengelolaan limbah B3 yang telah diterapkan dari setiap departemen di Fakultas Kedokteran UI.



### 5.1.3.1 Departemen Parasitologi

#### A. Limbah yang Dihasilkan

Limbah yang dihasilkan dari Departemen Parasitologi sebagian besar adalah limbah infeksius. Limbah di departemen ini dibagi 2 jenis, yaitu limbah padat infeksius dan limbah cair.

Limbah padat infeksius dari departemen ini umumnya berasal dari pemeriksaan sampel. Limbah padat infeksius dikelompokkan menjadi limbah benda tajam, limbah padat yang terkontaminasi, dan limbah tempat penampungan sampel. Limbah benda tajam terdiri dari limbah benda tajam selain jarum (slide mikroskop yang digunakan untuk memeriksa sampel, tabung kapiler, pecahan kaca, *scalpels*, dan bahan-bahan yang terbuat dari kaca) dan limbah benda tajam jarum. Limbah padat yang terkontaminasi terdiri dari plastik, *swabs* (kain penyeka), *pipette tips plastik*, stik kayu/tusuk kayu, botol plastik, kontainer spesimen berbahan plastik, *syringe* (tanpa jarum), sarung tangan, masker, dan material lain yang digunakan untuk membersihkan permukaan meja/tumpahan. Limbah tempat penampungan sampel terdiri dari botol bertutup ulir/tabung yang berisi medium/agar/spesimen dan tabung kimia untuk kultur.

Limbah cair infeksius terdiri dari limbah kimia cair, limbah sampel, dan limbah media agar/agar spesimen. Limbah kimia cair yang dihasilkan dari departemen ini umumnya berasal dari pewarnaan sampel untuk memeriksa sampel. Jenis limbah kimia cair yang dihasilkan dari departemen ini bergantung pada sampel yang akan diteliti dan hasil yang diharapkan, seperti formalin 10%, dietil eter, larutan safranin, KOH 10%, *lactofenol*, dan minyak emersi. Limbah sampel yang dihasilkan dari departemen ini berupa urin, serum, darah, ataupun tinja.

Karena departemen ini lebih banyak mengarah kepada pelayanan masyarakat, kuantitas limbah dari departemen ini, baik limbah padat maupun limbah cair, umumnya bergantung pada banyak sedikitnya pemeriksaan sampel yang akan dilakukan. Namun, limbah yang dihasilkan dari kegiatan pendidikan tergolong cukup sedikit karena setiap modul hanya menggunakan satu atau

beberapa sampel yang sebelumnya telah disediakan oleh dosen yang mengajar modul tersebut dan tidak disediakan oleh mahasiswa sendiri.

Berikut merupakan rincian limbah beserta kuantitasnya dari laboratorium di Departemen Parasitologi FKUI.

Tabel 5.6 Limbah yang Dihasilkan dan Kuantitas Limbah dari Tiap Laboratorium di Departemen Parasitologi FKUI

Laboratorium	Limbah yang Dihasilkan	Jumlah
Laboratorium Terpadu • Laboratorium Penelitian • Laboratorium Helminologi • Laboratorium Filaria	Darah/serum	2,5 ml/bulan
	Formalin 10%	5 ml/pemeriksaan
	Dietil eter	4 ml/pemeriksaan
	Larutan safranin	2-4 tetes/pemeriksaan
	Tinja	17 kg/bulan
	Kaca preparat	
	Jarum suntik	
	Sarung tangan/masker	
Laboratorium Mikologi	Tinja	
	Media agar	
	Kaca preparat	2 kg/minggu
	Jarum suntik	1 kg/minggu
	Sarung tangan Masker Kapas	3 kg/minggu
	KOH 10%	1-2 tetes/pemeriksaan
	<i>Lactofenol</i>	
	Peminyak emersi	
Laboratorium Malaria	Darah	20 ml/bulan
	Jarum suntik	20 kg/ 2 bulan
	Kaca preparat	

Sumber: Hasil Wawancara dengan Agnes Kurniawan, dr, PhD; Heri Wibowo, Dr, Drs, M.Biomed; & Teknisi Limbah, Pak Ii (2011)

## B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Dalam mengelola limbah dari setiap kegiatan laboratorium, Departemen Parasitologi bekerja sama dengan rumah sakit. Sebelum tahun 2008, Departemen ini bekerja sama dengan Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo. Namun, sejak tahun 2008 hingga saat ini, Departemen Parasitologi bekerja sama dengan Rumah Sakit Prof. DR. Sulianti Saroso. Hal ini disebabkan oleh kerusakan alat insinerator di RSCM sehingga RSCM kewalahan dalam mengelola limbah dari rumah sakitnya sendiri dan limbah dari Fakultas Kedokteran UI, khususnya Departemen Parasitologi. Oleh karena itu, RSCM memilih untuk memberhentikan kerja sama dengan pihak Departemen Parasitologi untuk sementara waktu sambil menunggu upaya perbaikan alat tersebut.

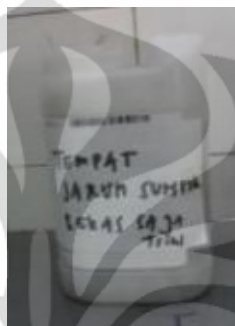
Berdasarkan permintaan dari Rumah Sakit Sulianti Suroso, limbah di Departemen Parasitologi dibagi menjadi beberapa jenis limbah yang telah disebutkan di atas. Limbah benda tajam selain jarum ditampung di dalam wadah kontainer tertutup. Sebelum dibuang, limbah jenis ini direndam dengan cairan desinfektan (hipoklorit) selama 1 (satu) jam lalu direbus selama 2 (dua) jam pada suhu 120°C untuk mematikan parasit yang terkandung dalam limbah, lalu ditampung dalam wadah, kemudian diinsinerasi di rumah sakit terkait (saat ini di Rumah Sakit Sulianti Suroso). Khusus untuk slide mikroskop (kaca preparat) biasanya di-*reuse* tetapi hanya dijadikan penopang/alas kaca preparat lain yang baru dalam pemeriksaan sampel.



Gambar 5.13 Wadah Limbah Benda Tajam Selain Jarum (Kaca Preparat) di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

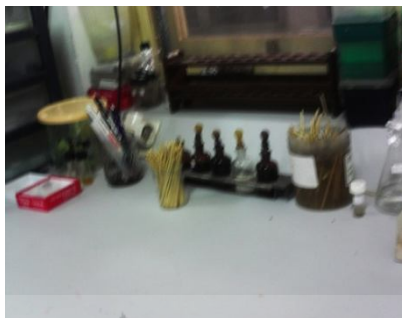
Limbah benda tajam jarum ditampung dalam kontainer benda tajam tertutup. Sama halnya dengan limbah benda tajam selain jarum, sebelum dibuang, limbah jenis ini direndam dengan cairan desinfektan (hipoklorit) selama 1 (satu) jam lalu direbus selama 2 (dua) jam pada suhu 120°C untuk mematikan parasit yang terkandung dalam limbah, lalu ditampung dalam wadah, kemudian diinsinerasi di rumah sakit terkait (saat ini di Rumah Sakit Sulianti Suroso).



Gambar 5.14 Wadah Limbah Benda Tajam Jarum di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI

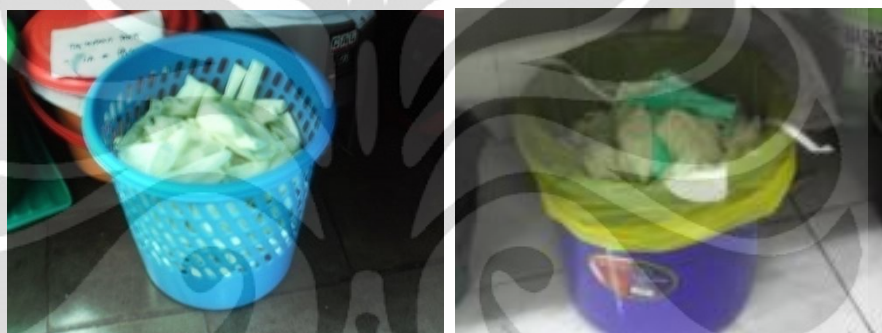
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Limbah padat yang terkontaminasi, seperti plastik, *swabs* (kain penyeka), *pipette tips plastik*, stik kayu/tusuk kayu, dan botol plastik, kontainer spesimen berbahan plastik, *syringe* (tanpa jarum), sarung tangan, masker, dan material lain yang digunakan untuk membersihkan permukaan meja/tumpahan ditampung dalam wadah plastik tertutup yang di dalamnya terdapat kantong plastik khusus untuk *autoclave*. Kantong untuk *autoclave* yang berada dalam wadah terbuat dari metal/kaleng. Wadah tidak boleh diisi melebihi 2/3 volume. Jika sudah penuh, wadah tersebut dikumpulkan ke petugas khusus untuk direndam dengan cairan desinfektan (hipoklorit) selama 1 (satu) jam lalu direbus selama 2 (dua) jam pada suhu 120°C. Selain direndam dan direbus, limbah ini juga dapat di-*autoclave*. Setelah itu dimasukkan ke kantong plastik kuning. Selanjutnya limbah ini bersamaan dengan limbah lain diserahkan ke rumah sakit terkait untuk kemudian diinsinerasi secara *off-site*.



Gambar 5.15 Wadah Limbah Stik Kayu/Tusuk Kayu di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.16 Wadah Limbah Sarung Tangan dan Masker di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Limbah tempat penampungan sampel ditampung dalam wadah khusus. Limbah ini dikumpulkan ke petugas khusus, lalu di *autoclave*, kemudian dicuci dan keringkan untuk kemudian dipakai kembali.

Limbah cair infeksius di setiap laboratorium ditampung dalam botol lalu dikumpulkan dalam wadah khusus tertutup. Jika sudah penuh, wadah tersebut dikumpulkan ke petugas khusus di Departemen Parasitologi. Setelah itu, diserahkan ke Rumah Sakit Sulianti Suroso untuk diinsinerasi bersamaan dengan limbah lainnya.



Gambar 5.17 Wadah Limbah Sampel di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Limbah bahan kimia dan material beracun (termasuk merkuri) hasil kegiatan pewarnaan dan pemeriksaan lainnya langsung dibuang ke saluran drainase tanpa ada penanganan khusus. Namun, di setiap wastafelnya dilapisi aluminium.



Gambar 5.18 Wastafel Tempat Pembuangan Limbah Kimia Cair di Tiap Laboratorium Departemen Parasitologi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Khusus untuk limbah medium agar/agar spesimen dilakukan penanganan limbah yang berbeda. Sebelum dibuang, medium di-*autoclave*, lalu direbus selama  $\frac{1}{2}$  jam, kemudian setelah netral hasil pengenceran medium ini dibuang ke saluran drainase. Namun, pembuangan ke saluran drainase ini hanya berlaku untuk laboratorium selain pendidikan karena untuk laboratorium pendidikan sejak tahun 2007 telah dibuatkan sumur penampungan limbah sebelum dibuang ke saluran drainase.

Lokasi tempat sampah atau jerigen atau wadah penampungan atau kontainer untuk membuang limbah-limbah tersebut disediakan di masing-masing laboratorium. Umumnya lokasi tempat pembuangan limbah tersebut berlokasi di dekat wastafel untuk memudahkan pekerja yang sedang melakukan kegiatan di dalam klinik membuang limbahnya langsung ke tempat yang sesuai dengan kriterianya.

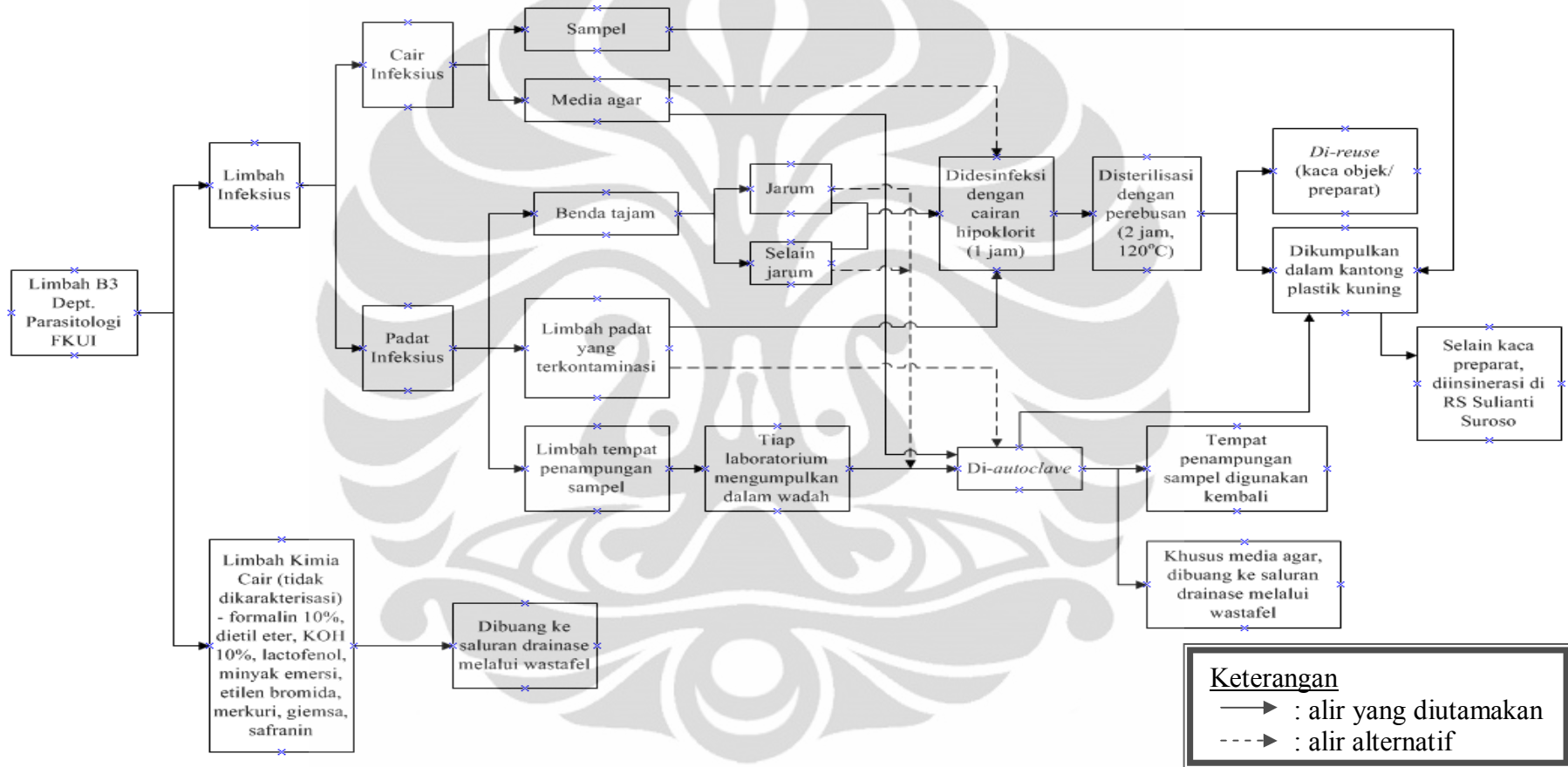
Seluruh limbah yang telah ditampung dalam wadah dari tiap laboratorium akan diserahkan kepada petugas khusus yang menangani limbah. Limbah yang telah diserahkan dari setiap departemen akan dikumpulkan menjadi satu wadah besar untuk setiap jenis limbahnya. Namun, sebelum dikumpulkan dalam wadah besar, limbah yang telah diserahkan dari tiap laboratorium tersebut diberi perlakuan khusus terlebih dahulu. Limbah sampel akan di-*autoclave* terlebih dahulu sebelum dibuang. Limbah lainnya selain limbah sampel direndam dengan cairan desinfektan (hipoklorit) selama 1 (satu) jam lalu direbus selama 2 (dua) jam pada suhu 120°C.



Gambar 5.19 Wadah Limbah Keseluruhan di Departemen Parasitologi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Setiap limbah B3 yang dihasilkan oleh Departemen Parasitologi akan diangkut oleh Rumah Sakit Sulianti Saroso setiap tiga bulan sekali dengan jumlah kurang lebih 105 kg untuk seluruh jenis limbah, dimana tiap bulannya menghasilkan 35 kg untuk seluruh jenis limbah. Setiap pengangkutan dikenakan biaya sebesar Rp7.500,00/kg. Jangka waktu pengangkutan ini bisa berubah sewaktu-waktu jika terdapat jumlah limbah yang ada tergolong besar, dimana minimal waktu pengangkutan minimal satu bulan sekali dan maksimal tiga bulan sekali.



Gambar 5.20 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Parasitologi FKUI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011



### 5.1.3.2 Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler

#### A. Limbah yang Dihasilkan

Secara umum, limbah yang dihasilkan dari Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler bukan merupakan limbah medis infeksius, melainkan limbah biologis. Oleh karena pemeriksaannya pada umumnya menggunakan media, maka limbah yang paling banyak dihasilkan adalah media agar (agarosa) dan bahan kimia etidium bromida. Dalam satu media agar (agarosa), dibutuhkan etidium bromida sebanyak 3  $\mu$ L.

#### B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Etidium bromida ini bersifat karsinogenik. Selama ini, etidium bromida selalu dibuang langsung melalui wastafel menuju saluran drainase meskipun sebelumnya limbah ini dikumpulkan terlebih dahulu di dalam botol kaca yang dilapisi *aluminium foil*. Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler belum memiliki pengelolaan atau penanganan khusus untuk limbah yang dihasilkannya.



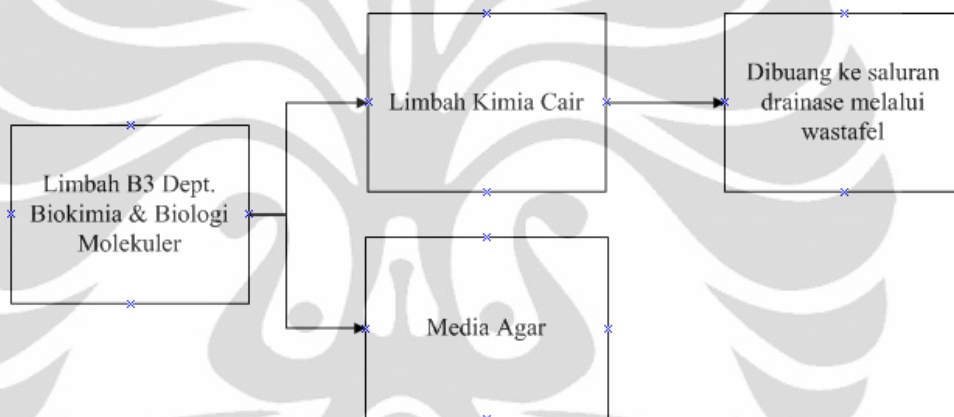
Gambar 5.21 Wastafel untuk Pembuangan Limbah Etidium Bromida di Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.22 Wadah Penampungan Etidium Bromida di Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.23 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

### 5.1.3.3 Departemen Patologi Anatomi

Departemen Patologi Anatomi memiliki 5 laboratorium yang saling berkelanjutan, yaitu Laboratorium Histopatologi, Laboratorium Histokimia, Laboratorium Imunopatologi, Laboratorium Sitopatologi, dan laboratorium Patologi Eksperimental. Karena mekanisme pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium ini saling berkelanjutan, limbah yang dihasilkan pun hampir serupa, kecuali patologi eksperimental.

#### A. Limbah yang Dihasilkan

Secara umum, limbah yang dihasilkan dari Departemen Patologi Anatomi sebagian besar adalah limbah patologis dan limbah kimia cair/limbah reagen. Meskipun penggunaan bahan kimia/reagen selama sekali pengujian di laboratorium ini sangat sedikit, limbah dari bahan kimia/reagen ini perlu dipertimbangkan karena berpotensi membahayakan lingkungan dan termasuk ke dalam limbah B3.

Laboratorium Histopatologi merupakan laboratorium yang pertama kali mengambil sampel jaringan karena laboratorium ini akan mendiagnosis penyakit dengan melakukan pengamatan jaringan yang diambil. Oleh karena itu, sebagian besar limbahnya merupakan limbah patologis berupa jaringan tubuh manusia. Selain limbah jaringan tubuh, limbah lain adalah formalin untuk pengawet/pematang jaringan, sarung tangan/masker yang telah digunakan laboran selama pemeriksaan jaringan, botol plastik/botol beling/plastik bekas wadah jaringan yang akan diperiksa, *cutter* dan tempatnya bekas pemotong jaringan, tisu bekas membersihkan jaringan yang menempel pada *cutter* atau meja, etanol dan *xylol* yang telah digunakan untuk pematangan jaringan, paraffin yang tersisa saat pemblok/pemotongan kasar/pemotongan halus jaringan/pencucian dengan *waterbath*, pisau *disposable* bekas pemotongan jaringan, dan larutan pewarna bekas pewarnaan jaringan. Larutan pewarna ini disesuaikan dengan jaringan dan hasil yang akan diperiksa. Secara umum, pewarna yang digunakan sehingga menimbulkan limbah kimia cair adalah hematoksilin *Harris Solution*, Eosin, litium karbonat, HCl 1%, *giemsa*, alkohol 96%, dan alkohol 70%.

Laboratorium Histokimia merupakan laboratorium yang melakukan pewarnaan jaringan secara histokimia untuk diagnosis penyakit. Larutan pewarna yang umum digunakan adalah alkohol, *xylol*, dan metanol. Larutan tersebut berpotensi menjadi limbah kimia cair. Selain itu, limbah yang juga dihasilkan di laboratorium ini adalah blok parafin dan kaca preparat.

Laboratorium Imunopatologi bertujuan untuk mendeteksi keberadaan, keberlimpahan, dan lokalisasi protein spesifik dalam jaringan dengan menggunakan antibodi. Oleh karena itu, bahan kimia yang digunakan untuk pewarnaan biasanya bergantung pada jaringan yang masuk ke laboratorium ini, sehingga limbahnya pun bergantung pada bahan kimia yang digunakan. Namun, pada umumnya, limbah yang dihasilkan adalah fenol, metanol, PbS, *xylol*, jarum/pisau, *spuid*, dan darah.

Laboratorium Sitopatologi merupakan laboratorium yang menemukan dan mendiagnosis penyakit dari hasil pemeriksaan sel tubuh yang didapat/diambil. Pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium ini meliputi pemeriksaan aspirasi, pemeriksaan *sputum*, pemeriksaan cairan tubuh, dan pemeriksaan *servik*. Limbah yang dihasilkan dari laboratorium ini adalah kaca preparat dan limbah sampel berupa darah *sputum*, dan fluida lain. Selain itu, limbah yang juga dihasilkan limbah *reagen*/bahan kimia untuk pewarnaan yang disesuaikan dengan pemeriksaan yang akan dilakukan. Secara umum, limbah kimia cair/limbah reagen yang dihasilkan dari laboratorium ini adalah asam alkohol, alkohol 50%, alkohol 70%, alkohol 80%, alkohol 95%, *Harris Hematoxylin*, litium karbonat, *orange goldner*, dan eosin alkohol 50.

Limbah Patologi Eksperimental merupakan salah satu laboratorium yang tidak menggunakan jaringan tubuh manusia, melainkan jaringan tubuh hewan sebagai objek percobaan. Berbeda dengan laboratorium lainnya, laboratorium ini tidak menghasilkan limbah patologis berupa jaringan tubuh manusia, melainkan limbah binatang yang dimatikan (kelinci dan mencit) dan limbah alas tidur binatang (serbuk gergaji dan kotoran hewan). Namun, dalam pewarnaan jaringannya laboratorium ini menggunakan larutan pewarna yang hampir sama dengan laboratorium lainnya karena jaringan binatang yang diuji di laboratorium ini memiliki karakteristik jaringan yang hampir sama dengan manusia. Dengan

kata lain, limbah kimia cair/limbah reagen yang dihasilkan dari laboratorium ini adalah *xylol*, alkohol, lithium karbonat, HCl 0,4%, hematoxylin gliserin, eosin alkohol, dan formalin. Selain itu juga dihasilkan limbah jarum suntik.

Berikut merupakan rincian limbah beserta kuantitasnya dari laboratorium di Departemen Patologi Anatomik FKUI.

Tabel 5.7 Limbah yang Dihasilkan dan Kuantitas Limbah dari Tiap Laboratorium di Departemen Patologi Anatomik FKUI

Laboratorium	Kegiatan	Limbah yang Dihasilkan	Jumlah
Laboratorium Histopatologi	Penerimaan jaringan	Formalin	20 L/minggu
	Pemotongan jaringan	Formalin	20 L/minggu
		Sarung tangan/masker, botol plastik, botol beling, plastik, <i>cutter</i> dan tempatnya, tisu	5 kg/hari
		Sisa jaringan	100 kg/minggu
	Pematangan jaringan	Formalin	20 L/minggu
		Etanol, <i>xylol</i>	10 L/minggu
	Pemblokian jaringan	Parafin	-
	<i>Coolplate</i>	-	-
	<i>Triming</i> kasar	Parafin, pisau <i>disposable</i>	-
	<i>Coolplate</i>	-	-
	Potong halus	Parafin, pisau <i>disposable</i>	-
	<i>Water bath</i>	Parafin	-
	<i>Hotplate</i>	-	-
	Pewarnaan	Hematoksin <i>Harris Solution</i> , Eosin	1 L/minggu
		Lithium karbonat	400 mL/minggu
		HCl 1%	800 mL/minggu
		<i>Gymsa</i>	15 mL/minggu
Alkohol 96%		10 L/minggu	
Alkohol 70%		2 L/minggu	
Dientelan	-	-	
<i>Labelling</i>	-	-	
Laboratorium Histokimia	Pewarnaan jaringan secara histokimia untuk diagnosis penyakit	Alkohol, <i>xylol</i> , metanol	250 mL/hari
		Blok parafin	-
		Kaca preparat	50 slide

(sambungan)

Laboratorium	Kegiatan	Limbah yang Dihasilkan	Jumlah
Laboratorium Imunopatologi		Fenol, methanol, PbS, <i>xylol</i>	2 L/hari
		Jarum/pisau/ <i>spuid</i>	4 - 5 buah
		Darah	
Laboratorium Sitopatologi	- Pemeriksaan aspirasi - Pemeriksaan sputum - Pemeriksaan cairan tubuh - Pemeriksaan servik	Limbah sampel - Darah - Sputum (dahak) - Fluida	5 - 10 L/minggu
		Limbah reagen - Asam alkohol - Alkohol 50%, 70%, 80%, 95% - Harris Hematoxylin - Lithium karbonat - Orange Goldner - Eosin Alkohol 50	8 L/minggu
		Kaca preparat	700 buah/minggu
Laboratorium Patologi Eksperimental		Binatang yang dimatikan - Kelinci - Mencit	Masing-masing 10 hewan/tahun
		Alas tidur - Kotoran hewan - Serbuk gergaji	
		Xylol	1 L/bulan
		Alkohol	1 L/bulan
		Lithium karbonat	250 - 500 mL/bulan
		HCl 0,4%	250 - 500 mL/bulan
		Hematoxylin Gliserin	250 - 500 mL/bulan
		Eosin Alkohol	250 - 500 mL/bulan
		Formalin	1 L/bulan
		Jarum suntik	5 - 10 buah/bulan

Sumber: Hasil Wawancara dengan Ketua/Staf di Tiap Laboratorium, 2011

## B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Pengelolaan limbah, khususnya limbah infeksius, di Departemen Patologi Anatomik ini telah bekerja sama dengan RSCM dalam rangka memusnahkan limbahnya. Berdasarkan permintaan dari Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo, limbah di Departemen Patologi Anatomik dibagi menjadi 7 jenis limbah, yaitu

limbah benda tajam (jarum suntik), limbah pecah belah (kaca preparat, botol kecil berisi darah/sampel), limbah jaringan, limbah botol bekas kosong, limbah kimia cair/limbah reagen, limbah binatang yang dimatikan dan alas tidurnya, dan limbah infeksius lain.

Limbah benda tajam, seperti jarum suntik, ditampung dalam wadah kardus khusus dari RSCM berwarna kuning dan terdapat simbol *biohazard* berwarna merah. Ukuran wadah ini berukuran 12,5 L. Setiap jarum yang telah digunakan dibuang oleh staf di tiap laboratorium ke dalam wadah kardus khusus. Wadah tersebut tidak boleh terisi penuh (hanya diperbolehkan penuh 2/3 bagian). Setelah itu, diserahkan terlebih dahulu ke petugas khusus yang bertugas mengantarkan seluruh limbah ke RSCM. Setelah semua limbah terkumpul dari tiap laboratorium dan diperkirakan telah memenuhi target, petugas tersebut akan mengangkutnya ke RSCM untuk diinsinerator bersama limbah lain dengan menggunakan kereta dorong khusus. Limbah ini dibuang setiap 2 minggu sekali.

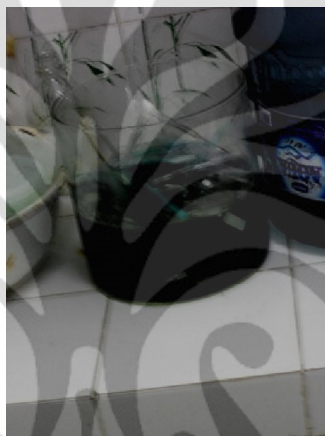


Gambar 5.24 Wadah Kardus untuk Limbah Jarum di Departemen Patologi Anatomi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Sama halnya dengan limbah jarum, limbah pecah belah, berupa kaca preparat dan botol kecil berisi darah/sampel, ditampung dalam wadah kardus khusus dari RSCM berwarna kuning berukuran 2,5 L. Setiap kaca preparat atau botol sampel yang telah digunakan dibuang ke dalam wadah kardus khusus. Wadah tersebut tidak boleh terisi penuh (hanya diperbolehkan penuh 2/3 bagian). Setelah itu, diserahkan ke RSCM untuk diinsinerator. Sebelum diserahkan ke RSCM, limbah ini direndam terlebih dahulu dengan *bayclin* dengan tujuan untuk

menghilangkan bakteri-bakteri yang mungkin ada di limbah tersebut. Limbah ini dibuang setiap 2 minggu 3 kali. Jika tidak memenuhi berat yang ditetapkan, limbah ini dibuang bersamaan dengan limbah benda tajam dengan berat rata-rata 10 kg tiap 2 minggu. Khusus untuk limbah kaca preparat, ada beberapa departemen tidak membuangnya sebagai limbah tetapi dimanfaatkan kembali atau disimpan sebagai dokumen, salah satunya seperti di Departemen Histokimia yang menyimpan kaca preparat sebagai dokumen.



Gambar 5.25 Perendaman Limbah Kaca Preparat dalam Bayclin di Departemen Patologi Anatomik FKUI

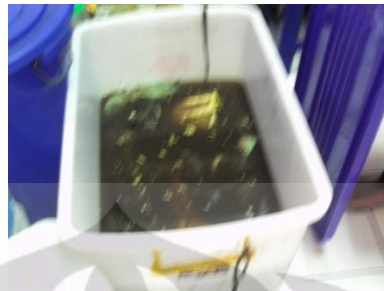
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Limbah jaringan berupa limbah jaringan tubuh manusia di departemen ini merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan. Limbah ini ditampung dalam wadah atau tempat sampah besar yang di dalamnya terdapat kantong plastik kuning besar berukuran 40 L. Limbah ini diserahkan kepada RSCM untuk dimusnahkan dengan insinerator setiap 1 minggu 2 kali. Setiap 1 kali pembuangan, limbah jaringan yang dibuang adalah sebanyak 160 kg. Biasanya dilakukan bersamaan dengan pembuangan limbah benda tajam dan limbah pecah belah. Dalam penyimpanannya, limbah jaringan ini diawetkan di dalam formalin, dimana banyaknya formalin bergantung pada besarnya ukuran jaringan yang ada. Limbah jaringan ini paling banyak terdapat di laboratorium histopatologi karena laboratorium ini yang menerima jaringan pertama kali. Penyimpanan jaringan ini ditempatkan dalam gudang kecil. Jika ruangan ini tidak muat lagi untuk diisi jaringan yang baru datang, maka jaringan yang lama sebelum dibuang ke RSCM

**Universitas Indonesia**



disingkirkan terlebih dahulu ke luar di area terbuka tetapi tidak ada lalu lalang manusia.



Gambar 5.26 Pewadahan Limbah Jaringan yang Diawetkan dengan Formalin di Departemen Patologi Anatomi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.27 Penyimpanan Limbah Jaringan yang Siap Diserahkan ke Petugas Khusus Departemen Patologi Anatomi FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.28 Pengumpulan Limbah Jaringan yang Siap Diangkut ke RSCM

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Limbah botol bekas kosong biasanya diserahkan ke RSCM sebulan sekali sebanyak 50 – 100 botol, baik yang berukuran besar maupun berukuran kecil). Sebelum diserahkan ke RSCM, limbah ini tidak disimpan di ruangan khusus tetapi hanya disimpan di tempat terbuka.



Gambar 5.29 Penyimpanan Limbah Botol Bekas di Departemen Patologi Anatomik FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Limbah kimia cair/limbah reagen langsung dibuang ke saluran melalui wastafel. Menurut informasi dari staf di Laboratorium Imunopatologi, Bapak Trisno Budi Purnomo, saluran dari Departemen Patologi Anatomik mengalir menuju insinerator RSCM. Namun, hal ini belum dapat dipastikan karena tidak adanya bukti seperti gambar detail perpipaan yang menghubungkan antara saluran Departemen Patologi Anatomik dengan RSCM, dikarenakan untuk mengakses gambar ini harus berhubungan dengan pihak RSCM.

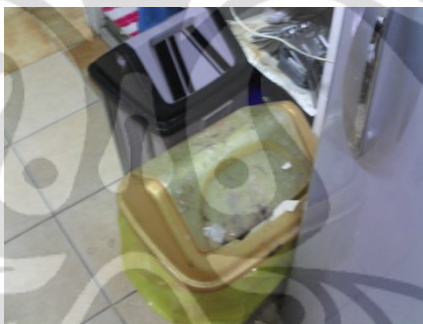


Gambar 5.30 Wastafel untuk Pembuangan Limbah Kimia Cair di Departemen Patologi Anatomik FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

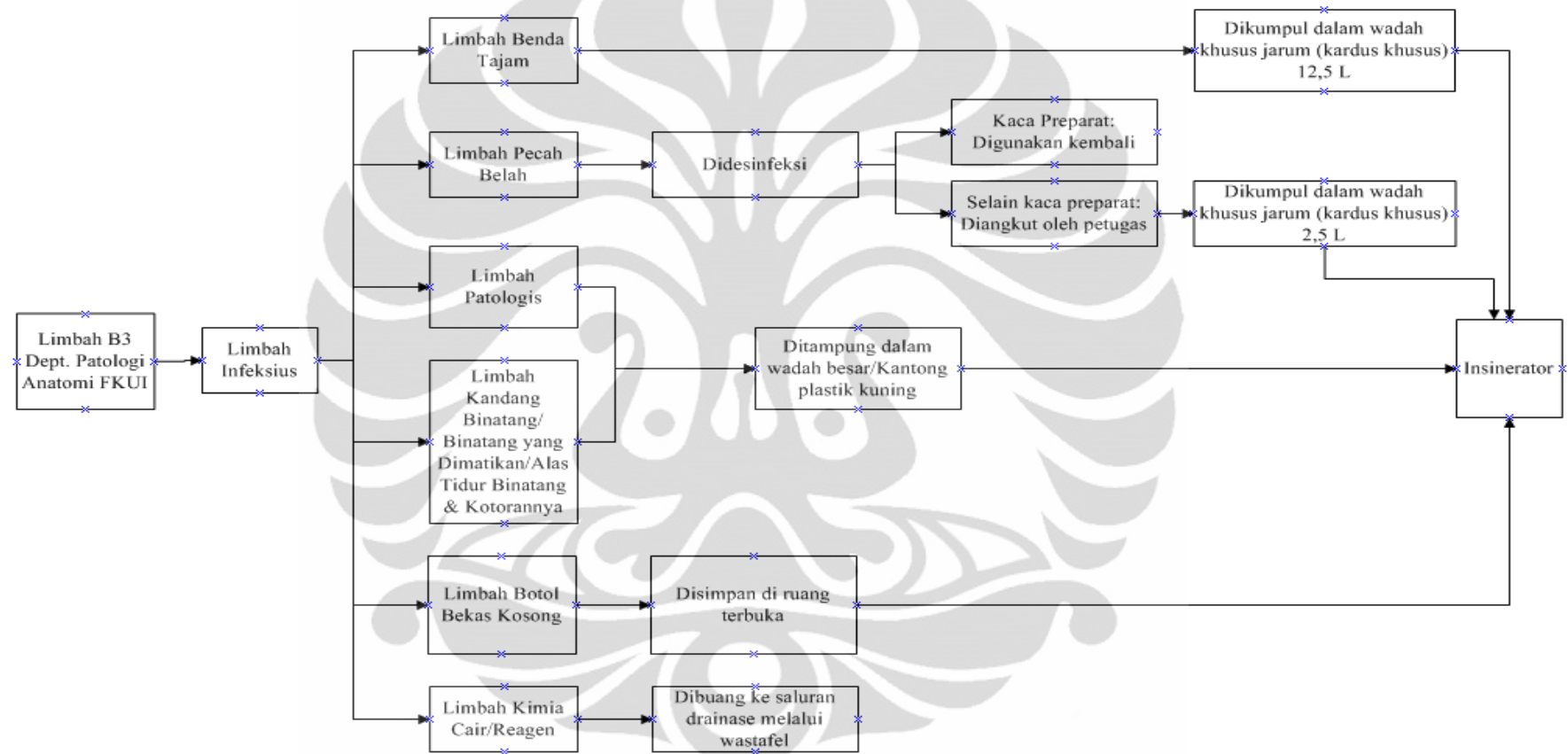
Sama halnya dengan limbah jaringan, limbah binantang yang dimatikan dan alas tidurnya ditampung dalam wadah atau tempat sampah sedang yang di dalamnya terdapat kantong plastik kuning sedang. Limbah ini diserahkan kepada RSCM untuk dimusnahkan dengan insinerator bersamaan dengan limbah jaringan ataupun limbah lainnya.

Limbah infeksius lain, seperti sarung tangan dan masker yang terkontaminasi, ditampung dalam wadah atau tempat sampah yang di dalamnya terdapat kantong plastik kuning. Limbah ini dimasukkan ke dalam plastik atau tempat sampah kecil, selanjutnya setiap hari dibawa ke RSCM sebanyak 3 – 5 kantong per hari dimana setiap kantongnya berisi limbah seberat 5 kg per hari. Limbah ini diserahkan ke RSCM setiap sore hari sekitar jam 3.



Gambar 5.31 Wadah limbah sarung tangan dan masker di Departemen Patologi Anatomik FKUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.32 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Patologi Anatomik FKUI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

#### 5.1.3.4 Departemen Kimia Kedokteran

Departemen ini memiliki 2 laboratorium, yaitu laboratorium penelitian (laboratorium preparasi dan laboratorium kultur) dan laboratorium pendidikan/praktikum. Kegiatan praktikum di departemen ini terdiri dari praktikum kimia dasar analisa kuantitatif (titrasi), kimia fisik, dan kimia organik. Kegiatan penelitian di departemen ini meliputi penelitian mikronutrien, fitofarmako, biomaterial, dan metabolisme dengan prinsip kerja biofotonik dan biospektroskopi Divisi Pelayanan dan Pengembangan Sistem Informasi, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2010).

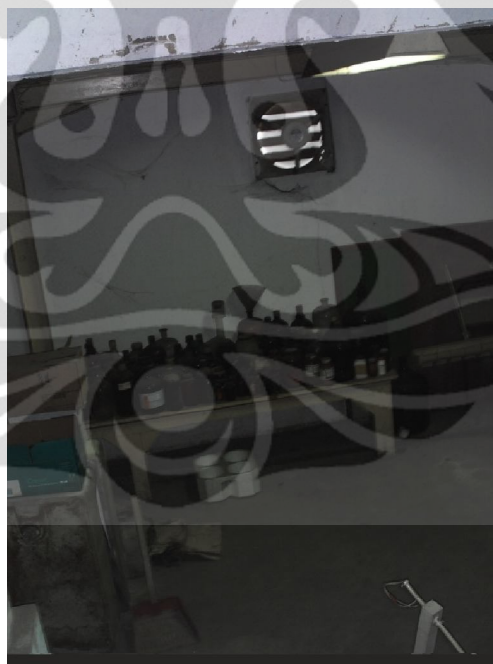
##### A. Limbah yang Dihasilkan

Seluruh limbah yang dihasilkan di Departemen Kimia Kedokteran adalah limbah kimia cair. Limbah yang dihasilkan dari laboratorium ini tergolong sangat sedikit untuk pendidikan. Hal ini dikarenakan kegiatan praktikum untuk pendidikan hanya dilakukan satu kali dalam setahun di departemen ini. Namun, jika dijabarkan lebih lanjut dengan melihat kegiatan yang mungkin ada di dalamnya, limbah kimia cair yang termasuk limbah B3 yang dihasilkan dari departemen ini umumnya adalah limbah organik dan limbah logam. Limbah yang dihasilkan dari laboratorium penelitian adalah kloroform, hexan, petroleum eter, etil asetat, etanol, diklorometan, bismuth, magnesium,  $\text{FeCl}_3$ , dan silika gel. Limbah yang dihasilkan dari laboratorium pendidikan adalah asam sulfat, merkuri, cadmium, HCl, tembaga sulfat, alfa naftol, natrium sitrat, natrium karbonat, asam laktat, dan asam molibdat.

##### B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

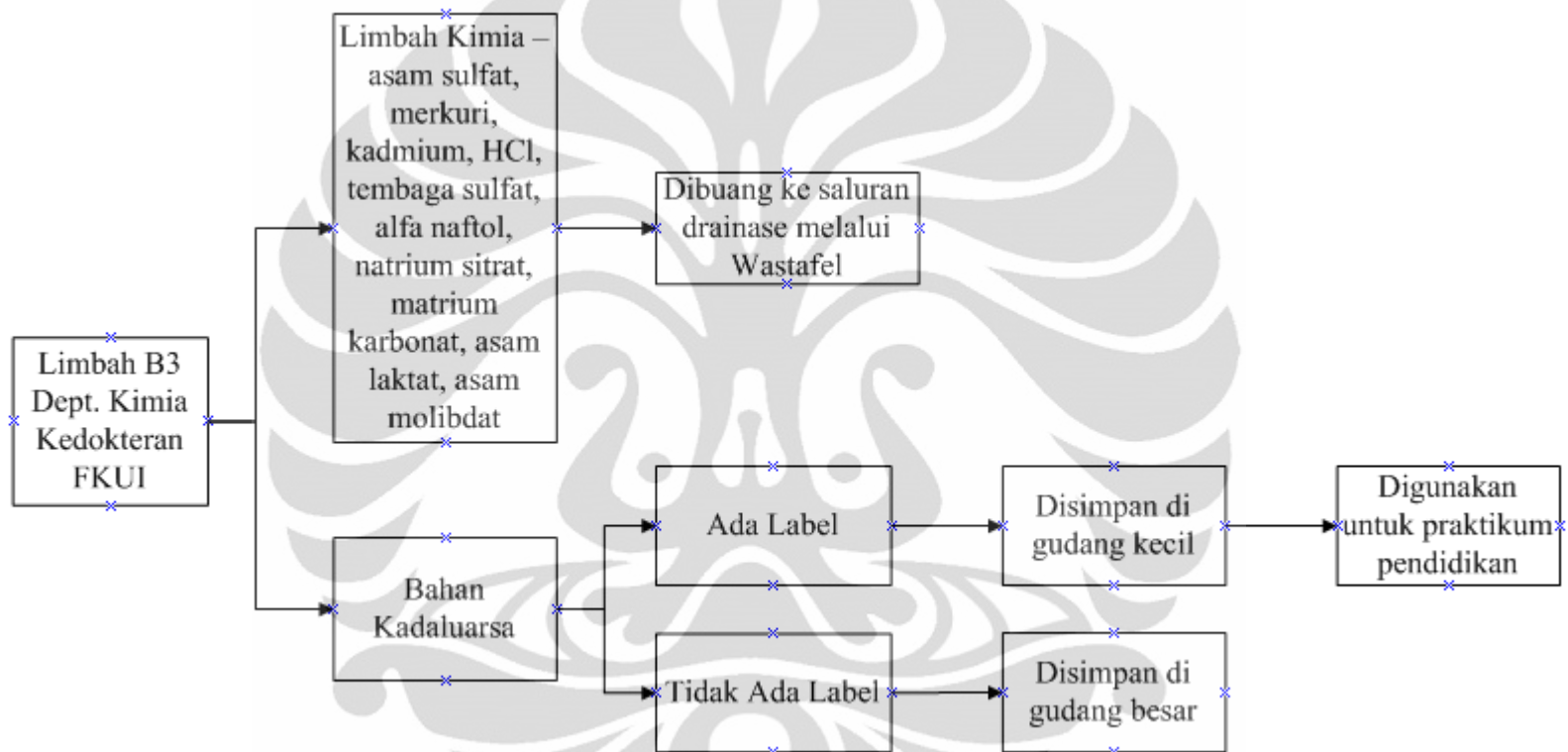
Sama halnya dengan Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler, Departemen Kimia Kedokteran belum memiliki pengelolaan atau penanganan khusus untuk limbah yang dihasilkannya. Selain limbah kimia cair, departemen ini juga memiliki bahan kimia kadaluarsa. Bahan kimia kadaluarsa ini memiliki dua perlakuan yang berbeda dari pihak departemen. Bahan kimia kadaluarsa yang

masih memiliki label akan disimpan dan dimanfaatkan kembali untuk kegiatan di laboratorium, sedangkan untuk bahan kimia kadaluarsa yang tidak memiliki label, yang merupakan peninggalan bahan kimia masa lalu sejak zaman Belanda, akan diserahkan ke pihak fakultas dengan harapan akan diberi perlakuan khusus atau dikelola lebih lanjut. Namun, hal itu hanya berlangsung satu kali karena tidak ada kejelasan mengenai akhir dari bahan kimia kadaluarsa tersebut dan tidak ada tanggapan atau respon lebih lanjut dari pihak fakultas, sehingga pihak departemen memutuskan untuk menyimpannya saja. Bahan kimia kadaluarsa ini disimpan di dua gudang yang berbeda. Bahan kimia kadaluarsa yang memiliki label disimpan di dalam gudang kecil yang lebih dekat dengan laboratorium sehingga mudah untuk diambil jika diperlukan. Bahan kimia kadaluarsa yang tidak memiliki label disimpan dalam gudang besar yang berada di bawah tanah dan sulit terjangkau.



Gambar 5.33 Gudang Besar Bahan Kimia Kadaluarsa di Departemen Kimia Kedokteran

Sumber: Hasil Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.34 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting Departemen Kimia Kedokteran FKUI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

#### 5.1.3.5 Departemen Biologi Kedokteran

Departemen Biologi Kedokteran memiliki 4 laboratorium, yaitu Laboratorium Histologi, Laboratorium Sitogenetik, Laboratorium Analisis Sperma, dan Laboratorium Biologi Molekuler.

##### A. Limbah yang Dihasilkan

Laboratorium Histologi dan Laboratorium Analisa Sperma (Semen) hanya menyediakan sediaan jaringan untuk dianalisa secara detail dengan menggunakan mikroskop, sehingga tidak ada limbah yang timbul dari laboratorium ini. Laboratorium Sitogenetik digunakan untuk kegiatan penelitian dan layanan pemeriksaan aberasi kromosom akibat pajanan sesuatu, dimana dalam pemeriksaannya menggunakan kultur/darah untuk menumbuhkan sel dan harus steril, sehingga tidak boleh sembarang orang masuk ke laboratorium ini. Oleh karena itu, pengambilan data di departemen ini hanya dilakukan di laboratorium biologi molekuler. Limbah yang dihasilkan di Laboratorium Biologi Molekuler adalah darah (eritrosit), etidium bromide, *poliacrilamic*, sarung tangan, tisu yang terkena darah, dan material biologis. Kuantitas setiap bulannya diperkirakan menghasilkan limbah sebesar 15 L.

##### B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Limbah dari Departemen Biologi Kedokteran, dalam hal ini adalah Laboratorium Biologi Kedokteran, telah dikelola sedemikian rupa sehingga limbah yang keluar dari departemen ini dapat dikatakan sudah cukup aman. Setiap limbah yang dihasilkan dari departemen ini seluruhnya direndam dengan bayclin dengan komposisi 1/10 dari limbahnya selama 1 jam. Setelah itu, limbah tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik kecil, lalu dimasukkan ke dalam alat *autoclave* selama 30 menit dengan suhu 210°C dan tekanan 1 atm untuk menghancurkan senyawa-senyawa kimia dan membunuh bakteri-bakteri yang ada dalam limbah. Selanjutnya, air yang keluar dari *autoclave* tersebut diberi karbon



aktif terlebih dahulu sebelum dibuang untuk menyerap bahan-bahan kimia tertentu sehingga air yang keluar dari *autoclave* tidak mengkontaminasi lingkungan. Setelah dipastikan aman, air tersebut baru dibuang ke saluran melalui wastafel sambil dilakukan pengenceran. Untuk karbon aktifnya sendiri, selanjutnya akan diautoklaf kembali lalu dibuang bersamaan dengan limbah yang dihasilkan dari departemen ini. Karena pada umumnya, limbah yang dihasilkan dari departemen ini pada akhirnya berwujud cair, maka setelah dilakukan proses *autoclave*, limbah ini dibuang ke saluran melalui wastafel dengan pengenceran dengan air mengalir selama 2 – 3 menit. Begitupula untuk limbah material biologisnya, pengelolaannya disterilkan dengan *autoclave* terlebih dahulu baru kemudian dibuang.



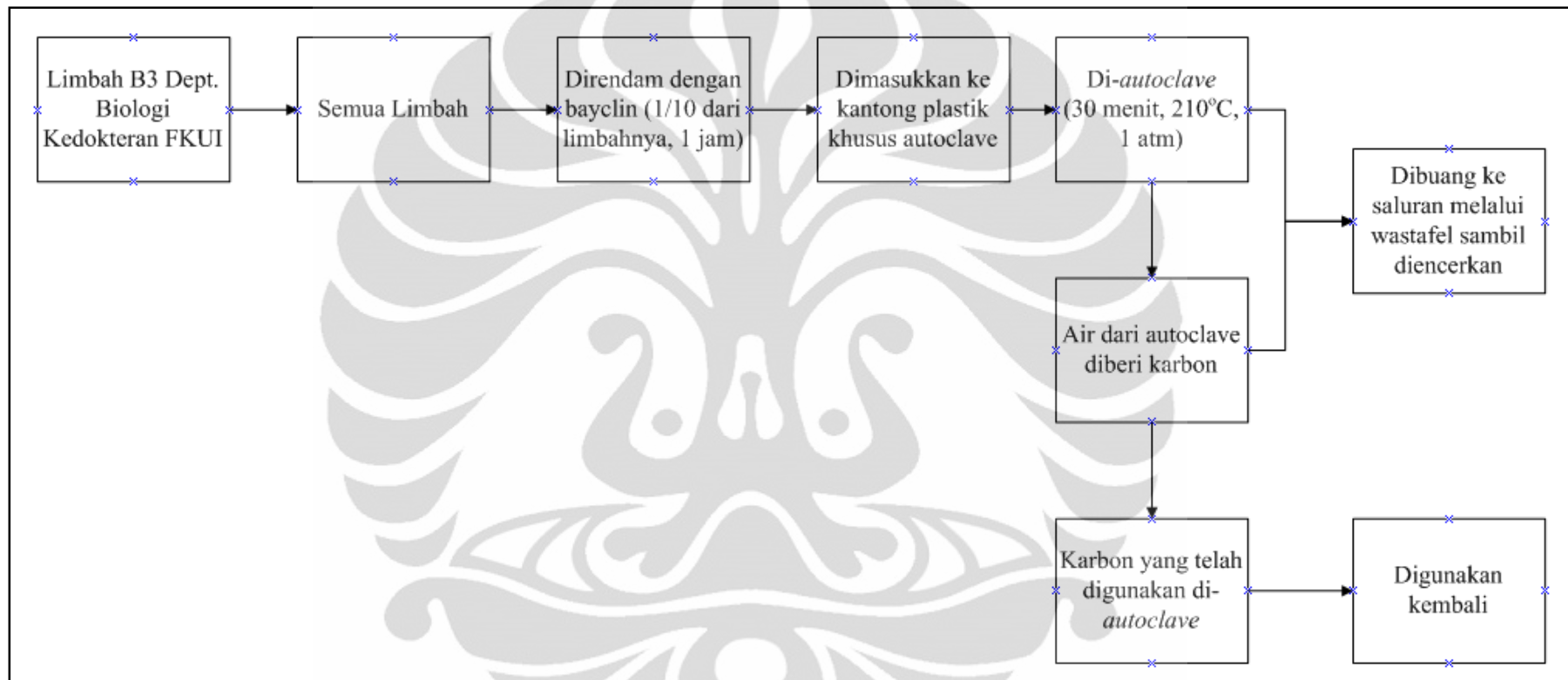
Gambar 5.35 *Autoclave* di Departemen Biologi Kedokteran

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.36 Wastafel untuk Pembuangan Limbah Hasil *Autoclave* atau Desinfeksi

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 5.37 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Biologi Kedokteran FKUI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

### 5.1.3.6 Departemen Histologi

#### A. Limbah yang Dihasilkan

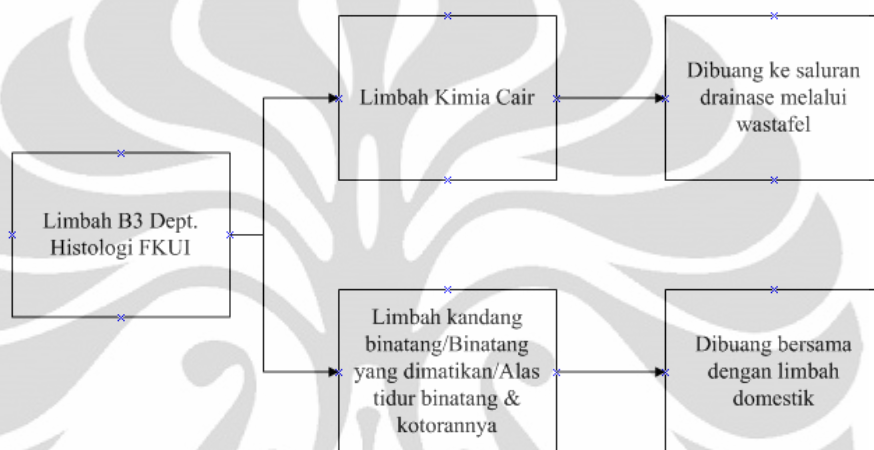
Departemen Histologi memiliki 3 laboratorium, yaitu laboratorium kering, laboratorium basah, dan kandang tikus. Karena kegiatan di laboratorium kering hanya memeriksa jaringan dengan menggunakan mikroskop, maka tidak ada limbah yang dihasilkan dari laboratorium ini.

Kegiatan di laboratorium basah meliputi fiksasi jaringan, proses dehidrasi, proses dealkoholisasi, pembuatan blok parafin, pemotongan jaringan dengan mikotom, penyediaan jaringan pada kaca objek, dan pewarnaan. Pembuatan sediaan suatu jaringan dimulai dengan operasi, biopsi, atau autopsi. Jaringan yang diambil kemudian diproses dengan fiksatif yang akan menjaga agar sediaan tidak akan rusak. Fiksatif yang paling umum digunakan adalah formalin (10% formaldehida yang dilarutkan dalam air). Larutan Bouin juga dapat digunakan sebagai fiksatif alternatif. Sampel jaringan yang telah terfiksasi direndam dalam cairan etanol bertingkat untuk menghilangkan air dalam jaringan (dehidrasi). Selanjutnya sampel dipindahkan ke dalam toluene untuk menghilangkan alkohol (dealkoholisasi). Langkah terakhir adalah memasukkan sampel jaringan ke dalam parafin panas yang menginfiltrasi jaringan. Selanjutnya jaringan tersebut dipotong menggunakan mikotom, lalu diletakkan di atas kaca objek untuk diwarnai. Pewarna yang biasa digunakan adalah hematoksilin dan eosin. Masih terdapat berbagai zat warna lain yang biasa digunakan dalam pewarnaan ini, tergantung pada jaringan yang akan diamati. Berdasarkan kegiatan tersebut, dapat dikatakan bahwa limbah yang dihasilkan dari laboratorium basah adalah formalin, larutan bouin, etanol, parafin, hematoksilin, dan eosin. Selain itu, juga dihasilkan asam nitrat, asam sulfat, asam klorida, asam asetat, Larutan *Muller*, Larutan *Zenker Formol*, Larutan *Heidenhein's Susa*, Larutan *Carnoy*, kloroform, *benzene/benzol*, *xylene/xylol*, *cedar wood oil*, benzil benzoat, metil benzoat, asam pikrat, potassium klorida, eter, dan giemsa.

Laboratorium kandang tikus dihasilkan limbah binatang yang mati/dimatikan, kandang tikus dan alas tidur binatang yang terdapat kotoran hewan dan serbuk gergaji.

## B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Pembuangan limbah di departemen ini tidak terkelola dengan baik. Limbah cair di departemen ini semuanya berakhir di saluran drainase yang melalui wastafel, sedangkan limbah padatnya hanya dibuang ke tempat sampah biasa yang pada akhirnya bergabung dalam sampah domestik.



Gambar 5.38 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Histologi FKUI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

### 5.1.4 Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan – Fakultas Kedokteran Gigi

#### A. Limbah yang Dihasilkan

Limbah di RSGMP ini dibedakan menjadi:

- Limbah padat

Limbah padat di RSGMP ini dikelompokkan menjadi:

- a. Limbah padat medis jarum

Limbah padat medis yaitu limbah yang dihasilkan dari hasil kegiatan di klinik yang bersifat infeksius dan tajam. Limbah padat medis yang umum dihasilkan dari Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan FKG UI adalah jarum suntik, pisau bedah, jarum besi, jarum jahit, jarum irigasi, mata pisau, dan *scalpels*.

b. Limbah padat medis non-jarum

Limbah padat medis non-jarum yaitu limbah yang dihasilkan dari kegiatan klinik yang terkontaminasi oleh benda infeksius. Limbah padat medis non-jarum yang biasa dihasilkan dari Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan adalah duravat (botol kaca), botol plastik, ampul kaca, *articulating paper*, stik berbentuk kuas, benang jahit, *wire*, kasa, masker, apron, dan sarung tangan.

c. Limbah padat kimia

Limbah padat kimia yang dihasilkan di RSGMP FKG UI adalah *aljinet*, *stone giv*.

d. Limbah jaringan

Limbah jaringan di RSGMP FKG UI adalah gigi.

- Limbah cair

Limbah cair dari RSGMP FKG UI ini biasanya berasal dari sisa-atau kelebihan atau tumpahan dari bahan-bahan yang digunakan karena bahan-bahan tersebut bersifat menetap sementara atau permanen di dalam mulut pasien yang diperiksa. Limbah cair yang biasa dihasilkan adalah *liquid genol*, bubuk *Fletcher*, ampul, *resin composite*, *EDSA/etching solution*, logam,  $H_2O_2$  3%, *betadine*, *furnish*, alkohol, ginigel, sodium klorida, cairan *saline*, saliva air liur, *saliva sulgetive*, darah, porselen, *flour gel*, cehakaem, egenol, bubuk Pb, Zu, Fe, endometason, NaCl, *AP Manual X-Ray Developer*, dan *AP Manual X-Ray Fixer Film*.

Berikut merupakan rincian limbah yang dihasilkan dari tiap klinik di RSGMP FKG UI.

Tabel 5.8 Limbah yang Dihasilkan RSGMP FKG UI di Tiap Klinik

<b>Nama Klinik</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Limbah yang Dihasilkan</b>
Distribusi	Tambalan Sementara: • <i>Zynkotegenol</i> (ZOE) • <i>Zynkosephosphate</i> (ZOP)	Botol kaca, botol plastik, <i>liquid genol</i> , bubuk <i>fletcher</i>
	Tambalan GIC: <i>Miraclemic</i> , GICG, GIC 1, GIC 2	Botol kaca, botol plastik
	Cabut Gigi Susu dan Tetap	Jarum suntik, ampul kaca
	Buka jahitan	Benang nilon, jarum besi
	<i>Recementation</i>	Botol kaca, botol plastik
Periodonsi	<i>Ocuca Adjudgement</i>	<i>Articulating paper</i> (kertas berwarna)
	<i>Hypersensitif Dentin</i>	Duravat (botol kaca), stik berbentuk kuas
	<i>Prenectomy</i>	Anestesi (jarum suntik, ampul kaca), ampul ( <i>xylestasin</i> , <i>pehacaim</i> , <i>lidokain</i> ), darah, jarum jahit, benang jahit
	<i>Splinting: Wire</i> , Komposit resin, Logam	<i>Wire</i> , suntikan, anestesi, darah, <i>resin composite</i> , <i>etching</i> , logam
	Kuret, <i>Gingivectomy</i> , <i>Gingivoplasty</i>	Jarum suntik ( <i>spuid</i> ), kasa, darah, jarum irigasi, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3%, <i>betadine</i> , anestesi
	<i>Implant</i>	Anestesi, bor, cairan <i>saline</i> , masker, <i>appron</i>
	<i>Operculvactomy</i>	Anestesi
	<i>Flap operation</i>	Anestesi, botol kemasan, pisau bedah, jarum suntik, jarum jahit, jarum irigasi
	<i>Scalling</i>	<i>Fumish</i> , sarung tangan, darah, <i>betadine</i>
	<i>Ribonding</i>	Liquid
	GTSKL	Alginet (bubuk+air+cetakan), <i>Stonegiv</i> (semen)
	<i>Resin composite</i>	<i>Liquid</i> , <i>Edsaladching solution</i> seperti <i>gel bonding</i> , <i>composite</i> (tambalan)
	Cabut	Anestesi, darah, alkohol, <i>bondrap</i> , <i>ginigel</i> , <i>kalsitek</i> , sodium klorida 0,09%, saliva air liur, saliva <i>sulgetive</i> , jarum akromatik jahit, jarum suntik irigasi, sarung tangan, jarum suntik, <i>scalpel</i>
Bedah Mulut	Ekstraksi	Gigi, darah, tampon, sputum, antiseptik, <i>disposable syringe</i> , botol ampul
	Komplikasi	Benang jahit, darah
	<i>Odont Tectomi</i>	Anestesi, benang jahit, darah, mata pisau
Prostodonti	<i>Split diagnose</i>	Alginet ( <i>sputum</i> , kapas, cetakan, gipsum, lilin, kelebihan akrilik)
	Cetak	<i>Double impression</i>
	GTS	Cetakan, gipsum, lilin, kelebihan akrilik
	<i>All metal</i>	<i>Fosfat bending</i> , gipsum, lilin, kelebihan akrilik, logam cor
	GTSKL	Cetakan, gipsum, lilin, kelebihan akrilik
Ortodonti	Cetak	Karet
	Model	Kawat

Tabel 5.8 (sambungan)

<b>Nama Klinik</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Limbah yang Dihasilkan</b>
	Ganti <i>Braket</i>	Alginet, Gypsum tipe 1,3, lilin, <i>mono</i> dan <i>poli metal akrilat</i> , <i>Stonegiv</i> (semen), Porselain
	Aplikasi flor	<i>Flor gel</i>
	<i>Scalling</i>	Darah
	<i>Fischersilen</i>	GIS, botol kaca
	Mahkota logam	Metal, resin komposit
	PSA (Perawatan Sel Akar)	Jarum, <i>cehakaem</i> , <i>egenol</i> , <i>fletcher</i>
	Amalgam	Bubuk Pb, Zu, Fe
	<i>Pulpotomy</i>	Darah, anestesi
	<i>Onlay</i> dan <i>inlay</i>	Metal. GIC
	Operasi	Darah, anestesi
Penyakit mulut	Konsultasi	Sarung tangan, masker
	Tambal sementara	<i>Cavit</i> ( <i>temporary filling material</i> )
	Edodontik (PSA)	Jarum endo, <i>egenol</i> , <i>Endometason</i> , <i>spuid</i> , NaCl
Radiologi		<i>AP Manual X-Ray Developer</i> , <i>AP Manual X-Ray Fixer</i> , film

Sumber: Hasil Wawancara dengan Dokter, Perawat, Staf Logistik, *Team Leader* PT ISS, dan Ketua Teknisi RSGM FKG UI, 2010

## B. Pengelolaan Limbah B3 Eksisting

Berikut merupakan uraian pengelolaan limbah B3 yang telah diterapkan di RSGM-FKUI.

- **Limbah Padat**

Untuk pengolahan limbah padat, RSGM bekerja sama dengan PT ISS (*Integrated Services System*) dalam rangka mengelola limbah padat dan perawatan kebersihan rumah sakit sejak tahun 2002. Setiap klinik atau ruangan disediakan tempat sampah untuk limbah padat medis dan non medis dengan jumlah, ukuran, dan warna plastik pembuangan yang berbeda-beda. Ukuran dan jumlah tempat sampah berbeda-beda bergantung pada luas ruangan klinik. Ukuran tempat sampah ada yang besar, sedang, dan kecil.



Gambar 5.39 Tempat Sampah Medis di RSGMP – FKGUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Untuk membedakan limbah padat medis dan limbah padat non medis di tiap klinik, disediakan kantong plastik di dalam tempat sampah dengan warna yang berbeda, yaitu kantong plastik kuning untuk limbah padat medis dan kantong plastik hitam untuk limbah padat non medis. Selain itu, juga diberikan stiker yang berisi tulisan “Sampah Medis” atau “Sampah Non Medis” di setiap tempat sampah dalam tiap klinik. Ukuran kantong plastik tersebut sebesar 60 cm x 90 cm. Selanjutnya, baik limbah padat medis maupun limbah padat non medis dari tiap klinik atau tiap ruangan masing-masing dikumpulkan oleh staf PT ISS dengan menggunakan kantong plastik besar berukuran 90 cm x 120 cm. Selanjutnya, untuk limbah padat medis diserahkan ke RSCM untuk diinsinerasi, sedangkan untuk limbah padat non medis dibuang di TPS fakultas dan selanjutnya diangkut oleh truk pengangkut sampah untuk dibawa ke TPA. Pembuangan atau penyerahan limbah padat ini dilakukan setiap hari pada pukul 10.00 WIB, 12.00 WIB, dan 14.00 WIB.

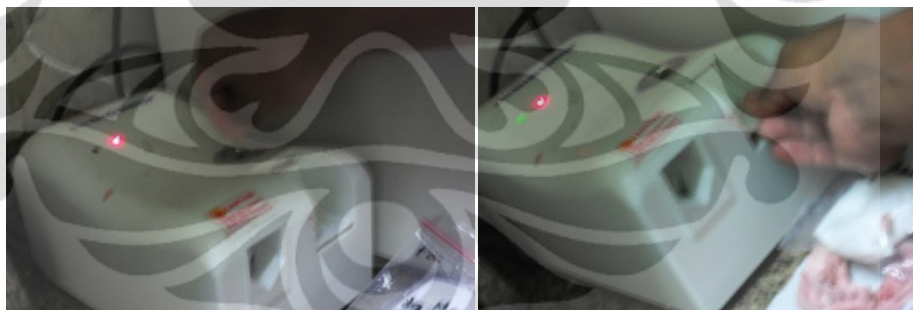
Adapun volume limbah padat medis yang dihasilkan dari keseluruhan klinik di RSGMP ini tidak menentu tiap harinya karena bergantung pada jumlah pasien yang datang. Rata-rata limbah padat medis yang dihasilkan tiap kliniknya menghasilkan 2 atau 3 kali kantong plastik besar berukuran 90 cm x 120 cm. Rata-rata maksimum limbah padat medis yang dihasilkan oleh keseluruhan klinik mencapai 7 kali kantong plastik besar dan minimum sebanyak 1 kali kantong plastik besar. Waktu yang

**Universitas Indonesia**



paling banyak menghasilkan limbah padat medis adalah hari Rabu, dimana limbah yang dihasilkan bisa mencapai 3 sampai 7 kali kantong plastik besar. Hal ini disebabkan banyaknya dokter yang berada di RSGM di hari Rabu. Sedangkan waktu yang paling sedikit menghasilkan limbah padat medis adalah hari Sabtu, dimana limbah yang dihasilkan hanya sebanyak 1 kali kantong plastik besar. Hal ini disebabkan karena klinik yang buka hanya Klinik Paviliun Khusus.

Untuk pengecualian, limbah padat medis berupa jarum diberi perlakuan khusus sebelum diserahkan ke RSCM untuk diinsinerasi, dimana limbah berupa jarum ini dihancurkan terlebih dahulu ujung jarum dan spidnya oleh mesin penghancur *needle destroyer*. Penghancuran ini bertujuan untuk menghindari pemakaian kembali jarum tersebut oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Setelah itu, pembuangannya pun dikumpulkan dalam satu box khusus jarum dengan volume kurang lebih 50 liter. Setiap harinya RSGM mengirimkan limbah padat medis berupa jarum ini ke RSGM untuk diinsinerasi sebanyak kurang lebih 160 box.



Gambar 5.40 Mesin Penghancur Jarum Suntik (*Needle Destroyer*) di RSGMP - FKGUI

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Pengecualian lain untuk limbah padat medis berupa gigi tidak dilakukan pembuangan, melainkan diawetkan oleh pihak RSGM untuk penelitian.

- Limbah cair

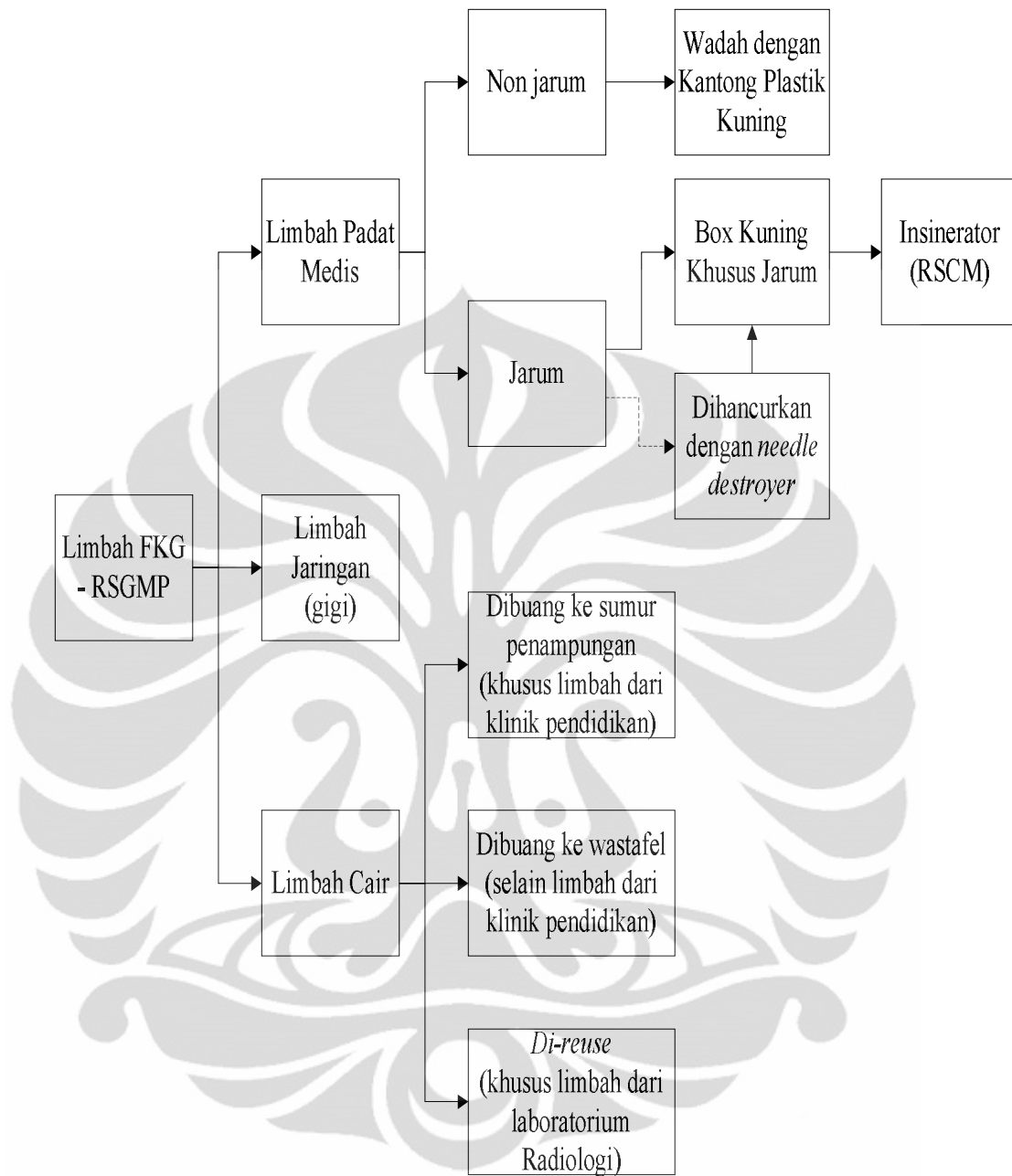
Pengelolaan limbah cair di RSGM ini baru dimulai pada tahun 2006. Pengelolaan ini pun hanya ditujukan untuk limbah cair dari hasil

**Universitas Indonesia**

kegiatan di klinik integrasi saja, sedangkan klinik lain masih dibuang langsung ke saluran drainase. Limbah dari wastafel klinik integrasi 1 dan integrasi 2 ditampung terlebih dahulu di bak kontrol, lalu dialirkan ke sumur yang disebut SPT dan kemudian dialirkan menuju saluran drainase. Sejak tahun 2002 hingga tahun 2005, limbah cair yang dihasilkan dari keseluruhan klinik dibuang langsung ke drainase.

Pengelolaan limbah cair di RSGM ini hanya berupa penampungan limbah cair yang dibuat seperti sumur. Saat ini, lokasi sumur tersebut terletak tepat di bawah ruang instruktur pada klinik integrasi 2. Sumur ini berukuran 3,3 m x 3,3 m x 3,3 m. Sumur tersebut berisi lapisan ijuk dengan kedalaman 40 – 50 cm dan bebatuan dengan kedalaman 1,5 m. Sumur tersebut dilapisi oleh dinding semen dengan ketebalan 15 – 20 cm. Gambar sumur penampungan ini dapat dilihat pada lampiran. Sampai saat ini, kondisi sumur tersebut tidak pernah dipantau karena sulitnya ruang untuk memantau sumur tersebut. Pengecekan terhadap kualitas air limbahnya pun belum pernah diteliti.

Khusus untuk laboratorium radiologi di Fakultas Kedokteran Gigi ini, tidak ada limbah yang keluar dari laboratorium ini. Limbah cair *developer* dan limbah cair *fixer* yang digunakan untuk mencuci film tidak dibuang ke saluran drainase, melainkan digunakan kembali untuk pencucian berikutnya. Meskipun terdapat limbah cair yang merupakan hasil tumpahan atau hasil pencucian, limbah ini ditampung untuk dimanfaatkan kembali. Limbah padat dari laboratorium radiologi yang berupa film akan disimpan sebagai dokumentasi dan sebagai alat pembelajaran.



Gambar 5.41 Diagram Alir Pengelolaan Limbah B3 Eksisting di Departemen Histologi FKUI

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

## 5.2 Hasil Karakterisasi Limbah B3

Limbah B3 yang dihasilkan dari tiap departemen di tiap fakultas, baik limbah praktikum maupun limbah medis, terdiri dari banyak variasi karakteristik. Pada penelitian ini, karakterisasi limbah ditujukan untuk memudahkan penghasil dalam mengelola limbah dengan upaya segregasi limbah sesuai karakteristik limbahnya.

Secara garis besar, hasil karakterisasi limbah B3 yang diperoleh adalah *flammable* (mudah terbakar), *harmful*, infeksius, karsinogenik, korosif, toksik, eksplosif, *oxidizing*, dan *dangerous for the environment*

### 5.2.1 Fakultas Teknik

Dari data limbah yang diperoleh, ada yang tidak termasuk ke dalam limbah B3, yaitu larutan *crystal violet*, larutan natrium tiosulfat, larutan natrium bisulfit, mangan sulfat, asam salisilat, larutan natrium sulfit,  $\text{FeCl}_3$ , natrium karbonat

Berdasarkan pengambilan data yang telah dilakukan, didapatkan karakterisasi limbah dari Departemen Teknik Sipil dan Departemen Teknik Kimia sebagai berikut:

- *Dangerous for the environment*

Karakteristik ini menunjukkan bahwa suatu bahan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan. Bahan kimia ini dapat merusak atau menyebabkan kematian pada ikan atau organisme akuatik lainnya atau bahaya lain yang dapat ditimbulkan, seperti merusak lapisan ozon atau persisten di lingkungan. Limbah dari Departemen Teknik Sipil yang memiliki karakteristik ini adalah larutan indikator ferroin, larutan natrium nitrit, indikator EBT, barium klorida, dan serbuk merkuri sulfat. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh Merck Chemicals Indonesia (2011), larutan indikator ferroin dapat membahayakan organisme akuatik dan menyebabkan efek yang berbahaya dalam jangka panjang bagi kehidupan akuatik.

- *Harmful*

Karakteristik ini menunjukkan bahwa suatu bahan baik berupa padatan, cairan ataupun gas yang jika terjadi kontak atau melalui inhalasi ataupun oral dapat menyebabkan bahaya terhadap kesehatan sampai tingkat tertentu. Limbah dari Departemen Teknik Sipil yang memiliki karakteristik ini adalah asam oksalat, natrium oksalat, larutan standar mangan, mangan sulfat, kalium bi-iodat, aluminium sulfat, hidrogen peroksida, barium klorida, kalium permanganat, dan lugol iodin. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh Sigma-Aldrich, asam oksalat bukan merupakan limbah B3 jika digunakan dibawah normal, tetapi dapat menimbulkan efek kesehatan, seperti iritasi sistem pernapasan jika terhirup melalui inhalasi, iritasi kulit jika terabsorpsi melalui kulit, iritasi mata, dan berbahaya jika tertelan. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *LabChem Inc.*, mangan sulfat berbahaya jika terhirup atau tertelan karena akan menyebabkan iritasi mata, iritasi kulit, iritasi sistem pernapasan dan mengganggu paru-paru, dan menimbulkan efek pada sistem saraf pusat, darah, dan ginjal. Secara garis besar, limbah dengan karakteristik *harmful* memiliki efek yang dapat menyebabkan iritasi.

- Korosif

Karakteristik ini menunjukkan bahwa suatu bahan dapat menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit dan menyebabkan proses pengkaratan pada lempeng baja. Limbah korosif yang dihasilkan dari Departemen Teknik Sipil FTUI adalah larutan asam sulfat – perak sulfat, larutan natrium hidroksida, larutan standar induk sulfat, kalium hidroksida, larutan asam sulfat, asam asetat pekat, hidrogen peroksida, asam nitrat pekat, dan kalium dikromat. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh Sigma-Aldrich, larutan asam sulfat-perak sulfat dapat menyebabkan kulit terbakar dan membahayakan mata.

- Toksik

Karakteristik ini menunjukkan bahwa suatu bahan dapat menyebabkan efek kematian atau akut atau kronik pada kesehatan ketika terhirup, tertelan, atau terserap melalui kulit meskipun dalam jumlah sedikit. Limbah toksik dari Departemen Teknik Sipil FTUI adalah natrium azida, kalium dikromat,

asam sulfat pekat, merkuri sulfat, asam nitrat pekat, dan larutan natrium nitrit. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *ScienceLab.com*, kalium dikromat bersifat toksik bagi paru-paru dan membran mukosa, dan jika terjadi pajanan secara berulang atau dalam jangka waktu yang lama, bahan kimia ini dapat membahayakan target organ.

- *Oxidizing*

Limbah *oxidizing* dari Departemen Teknik Sipil FTUI adalah kalium permanganat, kalium dikromat, asam nitrat pekat, larutan natrium nitrit, dan kalium bi-iodat. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *ScienceLab.com*, kalium dikromat merupakan agen oksidasi yang sangat kuat dan bereaksi sangat kuat/eksplosif dengan variasi agen pereduksi yang sangat luas.

### 5.2.2 Fakultas Matematika dan IPA

Berdasarkan hasil penelitian, limbah dari Departemen Kimia dan Departemen Farmasi FMIPA UI telah dikelompokkan dari tiap laboratoriumnya. Oleh karena itu, karakterisasi limbah di fakultas ini mengikuti dengan pengelompokkan limbah yang telah diterapkan.

Limbah B3 dari Departemen Kimia FMIPA UI dibedakan menjadi beberapa karakteristik/kelompok, yaitu:

- Limbah asam
- Limbah basa
- Limbah toksik

Pada umumnya limbah yang termasuk ke dalam karakteristik toksik adalah limbah logam berat. Pengelompokkan limbah toksik logam berat ini dibagi lagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- a. Limbah logam berat yang bersifat toksik tinggi, terdiri dari merkuri, kadmium, timbal, cuprum, dan seng.
- b. Limbah logam berat yang bersifat toksik sedang, terdiri dari kromium, nikel, dan kobalt.
- c. Limbah logam berat yang bersifat toksik rendah, terdiri dari mangan dan besi.

- **Limbah organik**  
Limbah organik yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI terdiri dari nitrobenzene, kloroform, asam mineral, dan butil asetat.
- **Eksplorisif**  
Limbah B3 dengan karakteristik eksplosif yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI adalah keton dan asam pikrat. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Physical and Theoretical Chemistry Lab. Safety*, keton dapat meledak jika terkena panas dan dapat bereaksi secara hebat dengan bahan yang mudah meledak dan bahan organik.
- **Harmful**  
Limbah B3 dengan karakteristik *harmful* yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI adalah keton, heksan, larutan kalium permanganat, larutan barium klorida, alkohol, eter, dan kloroform. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Physical and Theoretical Chemistry Lab. Safety*, eter bersifat *harmful*/berbahaya jika tertelan, terhirup melalui sistem pernapasan, atau kontak melalui kulit, dapat menyebabkan reaksi alergi dan iritasi pada sistem pernapasan, kulit, dan mata. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Physical and Theoretical Chemistry Lab. Safety*, kloroform dapat menyebabkan kanker, dan dapat membahayakan jika terhirup atau tertelan.
- **Flammable**  
Limbah B3 dengan karakteristik *flammable* yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI adalah benzen, heksan, *xylene*, alkohol, eter, asam pikrat, dan butil asetat. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Physical and Theoretical Chemistry Lab. Safety*, eter dapat menimbulkan api dan beresiko menimbulkan ledakan.
- **Toksik**  
Limbah B3 dengan karakteristik toksik yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI adalah ammonia, kloroform, kalium dikromat, nitrobenzene, dan asam pikrat. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Physical and Theoretical Chemistry Lab. Safety*, ammonia dapat bersifat toksik jika terhirup atau kontak melalui kulit dan menyebabkan kematian jika terhirup terus-menerus.

- **Korosif**  
Limbah B3 dengan karakteristik korosif yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI adalah kalium dikromat dan amonia. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Physical and Theoretical Chemistry Lab. Safety*, selain bersifat toksik, amonia juga bersifat korosif yang dapat menyebabkan luka bakar yang serius.
- *Dangerous for the environment*  
Limbah B3 dengan karakteristik *dangerous for the environment* yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI adalah ammonia, larutan barium klorid, heksan, larutan EBT, dan kloroform.
- *Oxidizing*  
Limbah B3 dengan karakteristik *oxidizing* yang dihasilkan dari Departemen Kimia FMIPA UI adalah kalium dikromat dan larutan kalium permanganat.

Karakteristik limbah yang dihasilkan dari Departemen Farmasi FMIPA UI umumnya adalah limbah infeksius, sedangkan untuk limbah cairnya memiliki karakteristik yang bervariasi jika dilihat dari bahan yang digunakannya. Berikut merupakan uraiannya.

- **Infeksius:** jarum, sarung tangan dan masker yang terkontaminasi, spuid, plastik pembungkus spuid dan jarum, tabung heparin, kapas bercampur darah, botol kemasan obat-obatan, dan strip obat.
- **Korosif**  
Limbah B3 dengan karakteristik korosif yang dihasilkan dari Departemen Farmasi FMIPA UI adalah asam sulfat pekat. Konsentrasi larutan asam sangat bersifat korosif. Sifat korosi pada asam sulfat pekat ini akan diperburuk oleh reaksi eksotermiknya dengan air. Luka bakar akibat asam sulfat berpotensi lebih buruk daripada luka bakar akibat asam kuat lainnya karena adanya tambahan kerusakan jaringan akibat dehidrasi dan pelepasan panas oleh reaksi asam sulfat dengan air.
- **Toksik**  
Limbah B3 dengan karakteristik toksik yang dihasilkan dari Departemen Farmasi FMIPA UI adalah asam sulfat pekat dan metanol. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Science Lab*, asam sulfat dapat menyebabkan



toksik terhadap ginjal, paru-paru, hati, jantung, sistem pernapasan atas, mata, dan gigi. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Microbial ID. Chemical*, metanol bersifat toksik, dapat menyebabkan kematian atau kebutaan jika tertelan, dan dapat menimbulkan efek irreversible yang sangat serius melalui pernapasan, kontak melalui kulit, dan melalui oral.

- *Flammable*

Limbah B3 dengan karakteristik *flammable* yang dihasilkan dari Departemen Farmasi FMIPA UI adalah metanol, asetonitril. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Fisher Scientific*, cairan dan uap asetonitril bersifat *flammable*.

- *Harmful*

Limbah B3 dengan karakteristik *flammable* yang dihasilkan dari Departemen Farmasi FMIPA UI adalah metanol, asetonitril. Berdasarkan MSDS yang dikeluarkan oleh *Fisher Scientific*, asetonitril dapat bersifat *harmful* jika ditelan, dihirup, atau diabsorpsi melalui kulit. Asetonitril dapat menyebabkan iritasi kulit, iritasi sistem pernapasan, dan gangguan ginjal. Metabolisme asetonitril dengan sianida di dalam tubuh dapat menyebabkan sakit kepala, pusing, pingsan, koma, dan kemungkinan menyebabkan kematian.

### 5.2.3 Fakultas Kedokteran

Dari data limbah yang diperoleh, ada yang tidak termasuk ke dalam limbah B3, yaitu parafin, eosin alkohol, potasium klorida, bismut, *silica gel*, natrium karbonat, asam molibdat, dan *orange goldner*.

Selain limbah di atas, limbah yang dihasilkan di Fakultas Kedokteran UI merupakan limbah B3. Secara umum, limbah yang dihasilkan dari FKUI memiliki karakteristik infeksius karena limbah tersebut dicurigai mengandung bahan pathogen, seperti kultur laboratorium, limbah dari ruang isolasi, kapas, materi atau peralatan yang tersentuh pasien yang terinfeksi, dan ekskreta. Limbah yang termasuk infeksius dikelompokkan ke dalam beberapa kategori, yaitu:

- Limbah benda tajam

Limbah benda tajam terdiri dari limbah jarum, seperti jarum, peralatan infuse, *scalpel*, pisau, dan limbah selain jarum, seperti kaca objek/preparat.

- Limbah patologis

Limbah patologis yang dihasilkan dari Fakultas Kedokteran UI meliputi limbah jaringan atau potongan tubuh manusia.

- Limbah cairan tubuh manusia, darah manusia, dan produksi darah manusia
- Limbah lain yang terkontaminasi limbah infeksius
- Limbah kandang binatang, alas tidur dan kotorannya

Namun, tidak seluruh limbah Fakultas Kedokteran bersifat infeksius.. Limbah lain yang memiliki karakteristik lain adalah limbah kimia dan limbah farmasi. Limbah farmasi adalah limbah yang mengandung bahan farmasi, seperti obat-obatan yang sudah kadaluarsa atau tidak diperlukan lagi, dan item yang tercemar atau berisi obat. Limbah kimia adalah limbah yang mengandung bahan kimia, seperti *reagen* di laboratorium, film untuk *rontgen*, desinfektan yang kadaluarsa atau sudah tidak diperlukan, dan pelarut. Limbah kimia yang dihasilkan dari FKUI memiliki karakterisasi limbah sebagai berikut *flammable*, *harmful*, karsinogenik, korosif, dan toksik.

Berikut merupakan rincian hasil karakterisasi limbah Fakultas Kedokteran UI.

Tabel 5.9 Hasil karakterisasi limbah B3 di Fakultas Kedokteran UI

Karakteristik		Limbah yang Dihasilkan
<i>Flammable</i>		<i>Xylol/Xylene</i> , alkohol 96%, alkohol 70%, asam alkohol, alkohol 50%, alkohol 70%, alkohol 80%, alkohol 95%, etanol, metanol, <i>giemsa stain</i>
<i>Highly flammable</i>		Etil asetat, <i>benzene/benzol</i> , asam pikrat, eter, <i>hexan</i> , <i>petroleum eter</i> , magnesium
<i>Harmful</i>		Lithium karbonat, PbS, etidium bromida, malondialdehida, etidium bromida, benzil benzoat, metil benzoat, diklorometan, minyak emersi, etanol, alkohol, asam asetat, khloroform, eter, <i>hexan</i> , magnesium, $\text{CuSO}_4$
Infeksius	Limbah cairan tubuh manusia, darah manusia, dan produksi darah manusia	Limbah sampel - Darah/serum - Sputum (dahak) - Fluida - Tinja
	Limbah lain yang terkontaminasi limbah infeksius	Sarung tangan, masker, kapas, tisu yang terkena darah, media agar
	<i>Animal carcasses and waste</i>	Binatang yang dimatikan (kelinci dan mencit), bangkai tikus, alas tidur (kotoran hewan dan serbuk gergaji)
	Limbah benda tajam/ <i>Sharps</i>	Jarum/ <i>needles</i> , jarum suntik/ <i>syringes</i> , pisau <i>disposable</i> /pisau bedah/ <i>scalpel</i> , botol beling, <i>cutter</i> dan tempatnya, jarum/pisau, <i>spuid</i> , kaca preparat
	Limbah jaringan tubuh/ <i>Pathological waste</i>	Sisa jaringan
Karsinogenik		Formalin
Korosif		KOH 10%, <i>lactofenol</i> , fenol, trikloroasetil asetat, asam nitrat, asam sulfat, asam klorida, asam asetat,
Toksik		<i>Poliacrilamic</i> , kadmium, <i>lactofenol</i> , minyak emersi, metanol, fenol, trikloroasetil asetat, asam nitrat, asam sulfat, asam klorida, <i>benzene/benzol</i> , asam pikrat, <i>giemsa stain</i> , <i>petroleum eter</i> , merkuri, kloroform, merkuri
Organik		<i>Lactofenol</i>
<i>Dangerous for the environment</i>		Minyak emersi, trikloroasetil asetat, khloroform, hexan, merkuri, $\text{CuSO}_4$
<i>Oxidizing</i>		Asam nitrat
Eksplorisif		Asam pikrat

Sumber: Hasil Olahan Penulis Berdasarkan MSDS (*Material Safety Data Sheet*), 2011

#### 5.2.4 Fakultas Kedokteran Gigi dan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan (RSGMP) UI

Limbah yang dihasilkan di setiap klinik dan setiap tindakan kedokteran gigi umumnya merupakan limbah klinis yang bervariasi.

- Klinik bedah mulut  
Limbah dari klinik bedah mulut memiliki kategori limbah klinis yang berupa limbah benda tajam, limbah infeksius, dan limbah jaringan tubuh.
- Klinik ortodonsia  
Limbah dari klinik ortodonsia memiliki kategori limbah klinis yang didominasi limbah benda tajam dan kimia, sedangkan limbah infeksius dan limbah jaringan tubuh didapat apabila tindakan ortodontik memerlukan tindakan bedah yang dilakukan di ruang bedah dan menjadi limbah tindakan bedah mulut. Limbah kimia di klinik ini umumnya berupa etsa asam yang relatif sedikit volumenya diaplikasikan terhadap gigi dan *ortodontik bonding* untuk pemasangan alat orthodontik.
- Klinik konservasi gigi  
Limbah klinik konservasi gigi umumnya berupa limbah benda tajam, limbah kimia, limbah infeksius. Limbah kimia dapat timbul dari bahan kimia yang penggunaannya tidak sempurna, seperti kelebihan material dan akan menjadi limbah.
- Klinik prostodonsi  
Sebagian besar limbah dari klinik prosthodontic adalah limbah bahan kimia dan limbah logam.
- Klinik pedodonsi (kedokteran gigi anak)  
Limbah yang dihasilkan di klinik pedodonsi sama dengan klinik konservasi gigi ditambah dengan beberapa limbah klinik prostodonsi dan periodonsi.
- Klinik periodonsi  
Limbah yang khas dari klinik periodonsi adalah karang gigi.

Tabel 5.10 Hasil Karakterisasi Limbah B3 di Rumah Sakit Gigi dan Mulut  
Pendidikan Fakultas Kedokteran Gigi UI

<b>Nama Klinik</b>	<b>Karakteristik/ Kategori Limbah</b>	<b>Limbah</b>
Bedah Mulut	Limbah benda tajam	<i>Disposable syringe</i> , botol ampul, pisau, <i>needle</i> , kawat
	Limbah infeksius	Darah, tampon, sputum, antiseptik, benang, kasa
	Limbah jaringan tubuh	Gigi, tulang
Ortodonsia	Limbah benda tajam	Kawat
	Limbah jaringan tubuh	Gigi, tulang
	Limbah kimia	Gipsum tipe 1,3, lilin, <i>mono</i> dan <i>poli metal akrilat</i>
	Limbah toksik	Perak (Ag), <i>developer</i> , <i>fixer</i> , film
	Limbah infeksius	Kapas, sputum, karang gigi, antiseptik, NaOCl darah, cairan irigasi, sarung tangan
	Limbah kimia	Larutan fluor, bekas cetakan, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , amalgam, merkuri, komposit, semen kedokteran gigi, limbah logam, <i>phosphate bonding</i> , lilin/porselen, limbah film, <i>developer</i> , <i>fixer</i>
	Limbah jaringan tubuh	Tulang, gigi
<i>Prosthodontic</i>	Limbah kimia	<i>Alginate</i> , <i>gypsum</i> , <i>gips stone</i> , <i>reversible hidrokoloid</i> , lilin model, akrilik, <i>stone bur</i> , <i>rubber bur</i> , bahan logam, <i>fosfat bonding</i> , <i>lilin inlay</i> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , larutan elektrolit berupa <i>ethylene glikol</i> , asam fosfat
	Limbah infeksius	Sputum, kapas, darah, tulang, Antiseptik
	Limbah benda tajam	<i>Disposable syringe</i> , botol ampul
<i>Pedodonsi</i> (kedokteran gigi anak)	Limbah kimia	Pewarna gigi, <i>fluor</i> , pasta gigi, limbah logam,
	Limbah infeksius	Sputum, kapas, karang gigi, bubuk gigi tampon, darah, gigi
	Limbah jaringan tubuh	Jaringan saraf, pulpa
	Limbah benda tajam	<i>Disposable syringe</i> , botol ampul
<i>Periodonsi</i>	Limbah infeksius	Sputum, darah, karang gigi
	Limbah kimia	<i>Fluor</i> , antiseptik, pewarna gigi
	Limbah benda tajam	<i>Disposable syringe</i> , botol ampul

Sumber: Hasil Olahan Penulis Berdasarkan MSDS (*Material Safety Data Sheet*), 2011

Limbah benda tajam berpotensi menyebabkan luka, karena hampir semua tindakan dokter menghasilkan limbah benda tajam, khususnya *disposable syringe* bekas. Untuk mencegah terjadinya bahaya dan agar tidak mengalir ke limbah domestik, limbah benda tajam ini harus dikelola.

Limbah infeksius sangat sulit untuk diidentifikasi karena limbah yang dihasilkan disesuaikan dengan tindakan yang akan dilakukan dan hal ini bergantung pada individu pasien. Sedangkan limbah logam berat umumnya yang dihasilkan berupa limbah toksik dan limbah karsinogenik. Merkuri merupakan salah satu bahan logam berat yang digunakan untuk penambalan amalgam. Bahan ini menjadi masalah apabila volume penggunaannya terlalu banyak diberikan pada saat pembuatan bahan tambal amalgam secara manual.

Setelah keseluruhan limbah B3 dari tiap fakultas dikarakterisasi, timbulan limbah B3 dari tiap fakultas yang dominan digambarkan pada peta timbulan limbah B3 di Universitas Indonesia Depok dan Salemba yang terlampir pada lampiran 5 dan lampiran 6.

## BAB 6

### REKOMENDASI PENGELOLAAN LIMBAH B3

Rekomendasi pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di Universitas Indonesia dibuat berdasarkan kondisi eksisting sistem pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang telah diterapkan di beberapa laboratorium di beberapa departemen yang ada di fakultas Universitas Indonesia.

Beberapa bahan kimia yang dihasilkan dari laboratorium dapat dibuang ke saluran drainase melalui wastafel. Hal ini dapat dilakukan jika limbah yang dihasilkan memiliki kegiatan dalam skala kecil (kurang dari 100 mL) dengan jenis limbah yang larut air, tidak bersifat racun, dan bukan merupakan bahan kimia yang bersifat *flammable*. Alasan lain adalah jika penghasil limbah memiliki fasilitas pengolahan air limbah tersendiri yang mampu mengolah limbah dari laboratorium. Namun, tidak semua limbah yang dihasilkan dari laboratorium dapat dibuang langsung ke saluran, terutama jika limbah tersebut mengandung bahan berbahaya dan beracun meskipun berjumlah sedikit. Limbah ini harus memiliki pengelolaan khusus sehingga meminimalisir bahaya yang dapat ditimbulkan. Pengelolaan limbah juga diperlukan untuk limbah medis yang berpotensi menginfeksi manusia.

Berdasarkan hasil penelitian, Universitas Indonesia belum memiliki sistem pengelolaan limbah B3 secara terpusat dari universitas, bahkan setiap fakultas di Universitas Indonesia belum memiliki sistem pengelolaan limbah B3 tersendiri. Sistem pengelolaan limbah B3 yang saat ini telah diterapkan baru pada tahap departemen di tiap fakultas. Namun, sistem pengelolaan limbah B3 tersebut belum dilakukan sepenuhnya oleh seluruh departemen di fakultas yang ada di Universitas Indonesia.

Oleh karena itu, diperlukan rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 secara terpusat agar dapat diterapkan di Universitas Indonesia. Rekomendasi yang diberikan berikut ini meliputi rekomendasi pengumpulan limbah B3, penyimpanan sementara limbah B3, dan pengolahan limbah B3. Rekomendasi ini dipertimbangkan dengan melihat resiko yang mungkin ditimbulkan jika

direkomendasikan pembuangan secara *landfill* dan berdasarkan peraturan terkait, seperti Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.18 Tahun 2009 tentang Tata Cara Perizinan Pengelolaan Limbah B3, dimana setiap usaha yang akan mengelola limbah B3 wajib memenuhi persyaratan dalam peraturan ini. Rekomendasi yang diberikan disesuaikan dengan sistem pengelolaan limbah B3 eksisting dan didasarkan pada studi literatur yang secara umum diambil dari negara maju.

## 6.1 Pengumpulan Limbah B3

### 6.1.1 Limbah Laboratorium

Laboratorium biasanya menghasilkan volume limbah yang relatif sedikit dengan daftar dan karakteristik yang sangat bervariasi. Oleh karena itu, akan lebih baik pengelolaan limbah laboratorium ini dilakukan secara bersamaan dalam bentuk pewadahan.

Pengumpulan limbah B3 dapat dilakukan baik untuk limbah laboratorium maupun limbah medis. Limbah B3 dikumpulkan dalam wadah khusus. Wadah limbah B3 berdasarkan peraturan yang terkait dilakukan sesuai dengan karakteristik limbah B3 untuk menghindari timbulnya bahaya baru dan mempermudah pengolahan. Dalam menjalankannya, harus dipastikan bahwa bahan kimia yang dikumpulkan dalam satu karakteristik agar tidak bereaksi satu sama lain, minimal sebelum ditampung dalam wadah, limbah bahan kimia tersebut sebaiknya diperiksa jenis asam dan basanya. Berdasarkan hasil karakterisasi, wadah limbah B3 sebaiknya dibedakan menjadi sesuai karakteristiknya, yaitu limbah *flammable*, limbah *harmful*, limbah korosif, limbah toksik, limbah eksplosif, limbah *oxidizing*, limbah karsinogenik, limbah *dangerous for the environment*, limbah organik, dan limbah kadaluarsa.

Hal yang dapat dilakukan untuk memudahkan penampungan/pewadahan limbah ini adalah setiap laboratorium hendaknya mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bahan-bahan berbahaya dan beracun yang tersedia di laboratorium terlebih dahulu sebelum digunakan. Setelah itu, bahan-bahan berbahaya dan beracun tersebut dikelompokkan sesuai karakteristiknya. Untuk



memudahkan pencarian, hendaknya di setiap kelompok karakteristik B3 tersebut diurutkan berdasarkan abjad. Setelah itu, setiap pengguna laboratorium yang akan melakukan kegiatan pendidikan atau penelitian atau kegiatan lainnya diwajibkan menyertakan *Material Safety Data Sheet* (MSDS) untuk setiap bahan-bahan kimia yang akan digunakan dan MSDS dari hasil reaksi-reaksi yang mungkin terjadi dari bahan kimia yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pengguna laboratorium dalam membuang limbah kimianya sesuai dengan karakteristik limbahnya.

Wadah penampungan/pewadahan limbah di dalam laboratorium sebaiknya ditempatkan di dekat wastafel. Wadah penampungan/pewadahan ini dapat berupa botol bekas bahan kimia yang telah dicuci terlebih dahulu atau jerigen plastik dengan ukuran yang bervariasi bergantung pada kuantitas limbahnya yang telah diperhitungkan sebelumnya ataupun wadah lain yang aman sebagai wadah limbah kimia. Wadah untuk limbah kimia solid/padat diusahakan adalah wadah yang terbuat dari bahan yang sama seperti wadah produk aslinya, seperti kaca, logam, dan plastik. Wadah ini juga sebaiknya disesuaikan dengan karakteristik limbah B3 yang akan ditampung didalamnya, sehingga mencegah terjadinya reaksi limbah terhadap wadah.

Wadah tersebut diberi simbol dan label sesuai dengan karakteristik limbahnya. Demi terjaganya penampungan/pewadahan limbah yang sesuai dengan karakteristiknya, hendaknya terdapat pengarahan/petunjuk mengenai penampungan/pewadahan limbah terlebih dahulu kepada pengguna laboratorium dan pengawasan dari asisten/dosen di laboratorium tersebut. Wadah ini tidak boleh diisi lebih dari 90% (untuk menghindari tumpahan selama pengangkutan) dan harus ditutup rapat serta diberi label dengan benar. Aturan umum untuk penanganan limbah B3 adalah menghindari resiko yang membahayakan terhadap manusia dan lingkungan baik selama penyimpanan, pengangkutan, dan pembuangan bahan-bahan tersebut.

Pembuangan/pengolahan/pengangkutan wadah penampungan/pewadahan limbah hendaknya dilakukan dua kali dalam satu semester. Hal ini disesuaikan dengan peraturan terkait limbah B3, dimana penghasil limbah B3 dapat

menyimpan limbah B3 paling lambat 90 hari sebelum menyerahkannya kepada pengumpul atau pemanfaat atau pengolah atau penimbun limbah B3.

#### 6.1.2 Limbah Medis atau Limbah Infeksius

Lain halnya untuk pewadahan limbah infeksius, yang terdiri dari limbah benda tajam, limbah jaringan tubuh (*pathological waste*), limbah *animal carcasses and waste*, limbah lain yang terkontaminasi limbah infeksius, dan *liquid human waste, human blood, product of human blood*. Limbah benda tajam dapat menjadi agen penyebar penyakit terutama limbah benda tajam yang terkontaminasi, sehingga limbah ini dikelompokkan ke dalam karakteristik limbah infeksius. Untuk menghindari penularan, limbah benda tajam *disposable* harus ditampung dalam wadah yang tertutup, tidak mudah robek, tahan dari tusukan, berwarna kuning, dan diberi label dengan lambang *biohazard* berwarna hitam. Wadah benda tajam harus menampilkan simbol International Biohazard atau salah satu frasa “limbah medis”, “infeksi”, “infeksi limbah”, atau “biohazardous”. Sebaiknya wadah benda tajam sebaiknya tidak digunakan untuk pembuangan dari minuman kaleng aluminium, kertas, sarung tangan, kaca preparat, tabung kultur, cairan tubuh atau bahan lain yang serupa. Wadah limbah benda tajam juga tidak akan digunakan untuk pewadahan bahan kimia atau bahan radioaktif.

Untuk limbah infeksius lain, seperti limbah patologis, limbah cairan tubuh manusia/darah/produk darah, dan limbah kandang binatang/binatang yang dimatikan/alas tidur binatang dan kotorannya diwadahi dengan kantong plastic kuning berukuran besar. Untuk memudahkan pewartannya, sebaiknya kantong plastik kuning tersebut ditempatkan dalam yang kokoh, seperti tempat sampah.



Gambar 6.1 Usulan Pewadahan Jarum Suntik

## 6.2 Rekomendasi Penyimpanan Sementara Limbah B3

Sebelum dikelola lebih lanjut, limbah B3 harus disimpan dalam tempat penyimpanan sementara. Penghasil yang memiliki tempat penyimpanan wajib mengajukan izin kepada Kementerian Lingkungan Hidup. Universitas Indonesia belum memiliki tempat penyimpanan sementara limbah B3 dari setiap fakultas penghasil limbah B3. Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini diberikan rekomendasi penyimpanan sementara limbah B3 dengan mempertimbangkan tata letak penyimpanan limbah B3 berdasarkan karakteristiknya.

Kontainer yang digunakan untuk mengumpulkan limbah B3 harus dalam kondisi baik, tidak bocor, dan kompatibel dengan limbah yang disimpan di dalamnya. Pengumpulan kontainer boleh dibuka hanya pada saat

Tempat penyimpanan untuk kumpulan wadah limbah harus didesain sedemikian rupa sehingga mampu menampung bahan berbahaya dan beracun keseluruhan dari tiap fakultas agar limbah B3 dapat dibuang dengan baik dan efek limbah B3 dapat diminimalkan. Namun, kontainer limbah B3 cair sebaiknya jangan sampai diisi penuh, melainkan diisi sampai pada batas volume yang aman dimana tersisa 2 inci di bagian atas kontainer dari volume kontainer sebesar 55 gallon (208,198 liter) untuk mencegah peningkatan kuantitas akibat tekanan. Dengan kata lain, limbah B3 yang disimpan jangan sampai melebihi 55 gallon (208,198 liter). Tempat penyimpanan limbah B3 juga harus tersedia ruang yang cukup untuk memudahkan akses dan memudahkan pandangan. Selain itu, wadah limbah juga harus tahan bocor dan tahan kobocoran gas, tidak mudah pecah, dan memiliki izin pengangkutan dari penghasil ke tempat penyimpanan apabila barang

tersebut diangkut melalui jalan umum. Selain itu, tempat penyimpanan juga harus diperhitungkan sedemikian rupa, seperti wadah diletakkan pada tempat yang berventilasi baik, wadah harus ditutup rapat untuk mencegah evaporasi uap berbahaya, dan wadah harus dipilih yang dapat mencegah limbah yang disimpan pada tempat penyimpanan dalam jangka waktu yang sangat lama untuk meminimalkan resiko kebocoran.

Berdasarkan dokumen dari *Department of Environmental Health and Safety, Stony Brook University*, yang berjudul *Hazardous Chemical Waste Management*, limbah kimia yang akan dibuang disegregasi berdasarkan karakteristik limbah B3. Setiap karakteristik limbah B3 tersebut ditampung dalam kontainer. Jangan pernah mencampur limbah B3 yang bersifat reaktif atau tidak dapat dicampur dalam satu kontainer. Kontainer yang disimpan harus tertutup kecuali ketika diisi. Hal ini untuk mencegah kebocoran, tumpahan, kebakaran, dan pajanan terhadap asap/uap. Penggunaan corong ketika mengisi limbah ke kontainer dapat mencegah tumpahan limbah. Kontainer penyimpanan jangan sampai disimpan di dekat wastafel atau saluran drainase. Setiap kontainer harus selalu ditandai dengan label "Limbah B3", dimana di dalam label tersebut tercantum informasi mengenai penghasil limbah B3, tanggal limbah B3 dihasilkan, nama bahan kimia B3, jenis limbah B3 (bahan kimia/bahan biologis/lainnya), bentuk limbah B3 (padat/cair), dan karakteristik limbah B3. Nama bahan kimia ditulis secara lengkap dan jangan disingkat atau hanya ditulis rumus kimia saja. Jika limbah B3 merupakan campuran bahan kimia, semua unsur pokok limbah kimia harus diidentifikasi nama bahan kimianya secara tepat, meliputi penggunaan desinfektan/deactivator dan kuantitas/konsentrasinya.

Seluruh kontainer penyimpanan limbah kimia cair B3 yang disimpan dalam tempat penyimpanan sementara harus diberi pembatas tiap karakteristiknya, seperti dinding, partisi, atau pembatas lain, dan tidak dapat didekatkan satu sama lain. Hal ini bertujuan untuk memisahkan limbah yang tidak boleh tercampur dan menghindari terjadinya reaksi yang tidak diinginkan, seperti kebocoran atau tumpahan. Setiap minggunya wajib dilakukan pemeriksaan kebocoran atau korosi terhadap kontainer yang berada di tempat penyimpanan.

Dalam peraturan RCRA 40 CFR Part 64 mengenai perizinan fasilitas penyimpanan dan 40 CFR Part 265 mengenai status fasilitas penyimpanan sementara, tipe unit penyimpanan limbah B3 yang dapat digunakan untuk menyimpan limbah B3 adalah sebagai berikut:

- **Kontainer**

Kontainer limbah B3 merupakan peralatan yang mudah dibawa dalam penyimpanan limbah B3. Kontainer limbah B3 biasanya merupakan drum dengan volume 55 gallon. Contoh container adalah truk tangki, *railroad cars*, dan *buckets*.

- **Tangki**

Tangki merupakan peralatan yang tidak dapat bergerak dan konstruksinya bukan terbuat dari bahan tanah. Tangki dapat dibuka di atasnya (*open-topped*) atau biasanya tertutup dan konstruksinya berasal dari bahan yang bermacam-macam, seperti baja, plastik, *fiberglass*, dan beton.

- ***Drip pads***

Struktur *drip pads* terbuat dari kayu kering.

- **Bangunan terisolasi (*Containment Buildings*)**

Bangunan terisolasi (*Containment Buildings*) biasanya tertutup dan merupakan bangunan tersendiri yang memiliki 4 dinding, atap, dan lantai.

- **Tumpukan limbah (*waste piles*)**

Tumpukan limbah ini merupakan penyimpanan terbuka, dimana limbah harus ditupuk paling banyak dua hingga tiga tumpuk untuk menjamin *leachate* dari limbah tidak mengkontaminasi air permukaan atau air tanah.

- ***Surface impoundments***

*Surface impoundments* merupakan topografi alami yang mengalami penurunan topografi, galian buatan manusia, atau tanggul, seperti kolam penahan, lubang penyimpanan, atau *lagoon* pengendapan. *Surface impoundments* dibentuk dari bahan yang berasal dari bumi dan dibatasi dengan plastik sintetis untuk mencegah keluarnya cairan.



Gambar 6.2 *Surface Impoundments*

Sumber: Environmental Protection Agency, 2011

Untuk penyimpanan limbah *harmful*, seperti larutan natrium tiosulfat harus disimpan dalam wadah tertutup dengan kondisi tempat penyimpanan yang dingin dan memiliki ventilasi yang baik karena jika terjadi dekomposisi limbah ini akan menghasilkan gas hidrogen sulfida atau gas  $SO_x$ . Secara garis besar, limbah dengan karakteristik *harmful* harus disimpan dalam wadah tertutup dengan kondisi yang dingin dan memiliki ventilasi yang baik.

Untuk penyimpanan limbah korosif, seperti larutan asam sulfat – perak sulfat harus disimpan dalam wadah yang tertutup dan jangan sampai kontak dengan air karena akan menghasilkan sulfur oksida.

Penyimpanan limbah *oxidizing* harus terpisah lemari atau ruangan dari penyimpanan limbah yang lain. Limbah ini harus disimpan di lemari/ruangan terkunci/tertutup dan hindari dari panas, api, atau bahan yang mudah meledak. Limbah ini jangan disemprotkan gas/fumes/uap air/*spray*.

### 6.3 Rekomendasi Pengolahan Limbah B3

Selain usulan pewadahan dan penyimpanan sementara limbah B3, khusus untuk limbah korosif dan limbah infeksius, dapat direkomendasikan usulan pengolahan limbah B3. Hal ini karena untuk meminimalisir bahaya yang ditimbulkan akibat limbah korosif dan limbah infeksius yang dihasilkan.

Limbah korosif yang tidak mengandung bahan yang bersifat toksik, seperti limbah asam dan limbah basa, dapat dibuang langsung ke saluran drainase melalui wastafel, tetapi sebelumnya harus dinetralisir terlebih dahulu hingga pH limbah tersebut mencapai lebih dari 6 dan kurang dari 10.

Limbah infeksius terdiri dari limbah benda tajam, limbah jaringan tubuh (*pathological waste*), limbah *animal carcasses and waste*, limbah lain yang terkontaminasi limbah infeksius, dan *liquid human waste, human blood, product of human blood*. Setiap limbah infeksius yang dihasilkan sebaiknya didesinfeksi atau direndam dengan desinfektan dengan komposisi dan waktu tertentu. Selanjutnya, limbah tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik kecil khusus, lalu dimasukkan ke dalam alat *autoclave* selama 30 menit dengan temperature 250°F (121°C) dan tekanan 1 atm untuk menghancurkan senyawa-senyawa kimia dan membunuh bakteri-bakteri yang ada dalam limbah. Selanjutnya, air yang keluar dari *autoclave* tersebut diberi karbon aktif terlebih dahulu sebelum dibuang untuk menyerap bahan-bahan kimia tertentu sehingga air yang keluar dari *autoclave* tidak mengkontaminasi lingkungan. Setelah dipastikan aman, air tersebut baru dibuang ke saluran melalui wastafel sambil dilakukan pengenceran. Untuk karbon aktifnya sendiri, selanjutnya di-*autoclave* kembali lalu dibuang bersamaan dengan limbah yang dihasilkan ini. Selanjutnya, limbah yang telah di-*autoclave* dibuang ke saluran melalui wastafel dengan pengenceran dengan air mengalir. Kelemahan pengelolaan dengan cara desinfeksi atau *autoclave* adalah hanya mampu untuk jumlah atau volume yang sedikit.

Untuk limbah infeksius yang bervolume besar akan lebih efektif jika dimusnahkan dengan proses insinerasi. Proses insinerasi ini dapat dilakukan secara *on-site* ataupun *off-site* yang dikelola oleh pihak ketiga yang memiliki izin pengelolaan limbah B3 terkait limbah ini. Setiap limbah infeksius sebaiknya dibedakan dari limbah domestik dengan cara dibuang ke dalam wadah berwarna kuning.

Untuk menghindari kontak langsung dari limbah ini, pihak yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan limbah ini sebaiknya menggunakan sarung tangan. Setelah dikumpulkan, lalu dibuang ke pihak ketiga atau jika

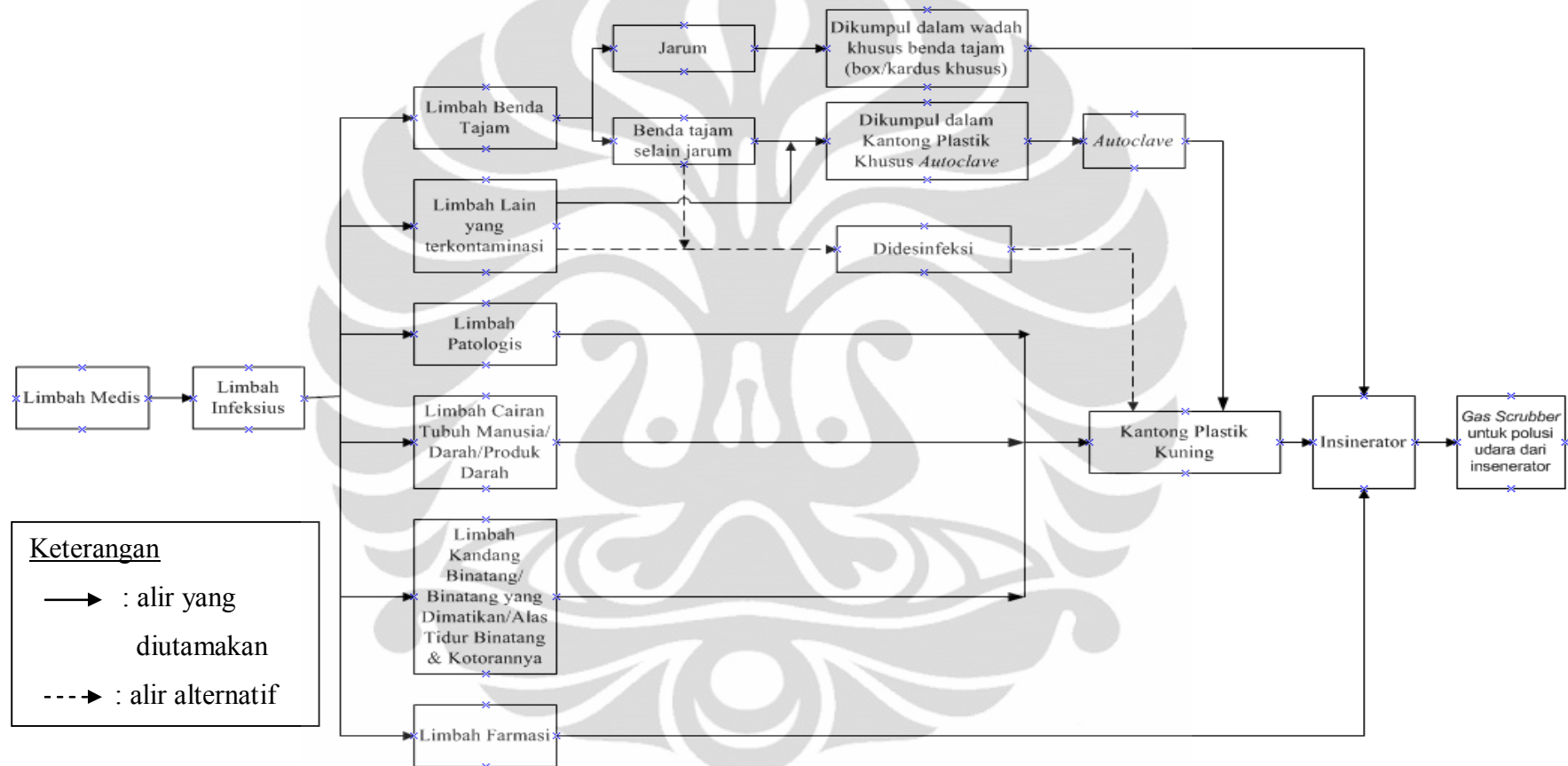
memungkinkan dilakukan pengelolaan sendiri menggunakan insinerasi atau desinfeksi atau *autoclave*.

Limbah infeksius seperti darah, sputum, atau limbah yang terkontaminasi (kapas, sarung tangan) dapat diolah ke *wastewater treatment* atau didesinfeksi dan diinsinerasi, sedangkan untuk limbah jaringan tubuh harus dikelola dengan di-*autoclave* dan didesinfeksi terlebih dahulu atau diinsinerasi untuk menghindari bahaya karena dimungkinkan limbah jaringan tubuh berpotensi menular.

Pengangkutan limbah infeksius guna pengelolaan selanjutnya untuk diinsinerasi sebaiknya dilakukan secara mingguan. Setiap limbah yang akan diangkut atau dikelola harus disertakan manifestasi limbah medis sebagai bukti telah dilakukannya pengelolaan limbah.

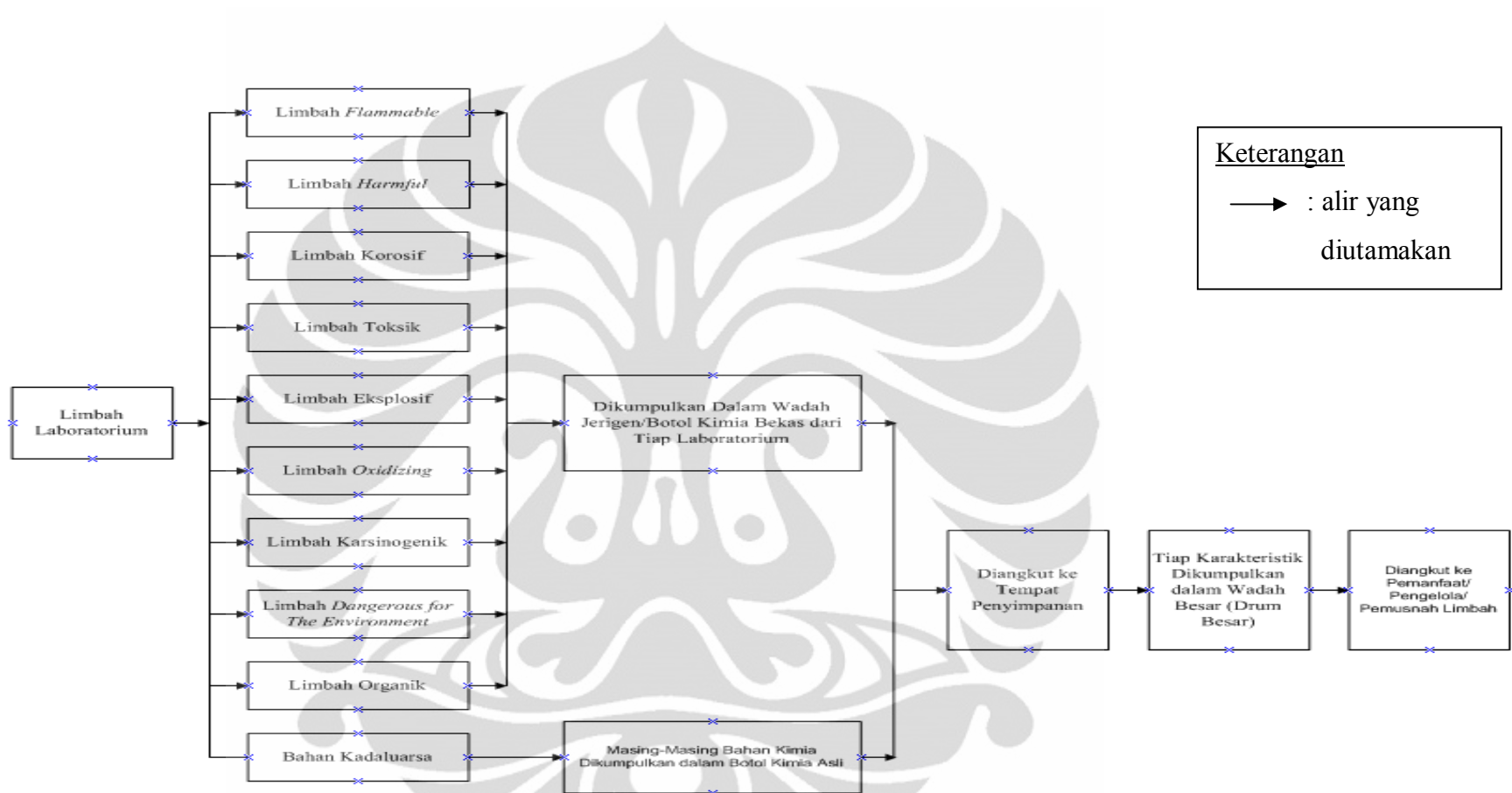
Rekomendasi yang mungkin dapat diterapkan di Universitas Indonesia adalah pengolahan limbah infeksius secara *on-site*, yaitu menggunakan *autoclave* atau mendesinfeksi limbah infeksius untuk menetralkan limbah tersebut. Jika tidak memungkinkan untuk mengolah limbah secara *on-site*, limbah infeksius dapat dikelola secara *off-site*, yaitu bekerja sama dengan pihak ketiga untuk mengelola limbah infeksius selanjutnya. Pengelolaan limbah infeksius secara *off-site* yang dilakukan oleh pihak ketiga dapat dilakukan dengan memusnahkan limbah infeksius dengan insinerator.





Gambar 6.3 Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Padat B3 Medis di Universitas Indonesia

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011



Gambar 6.4 Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Laboratorium

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

## **BAB 7**

### **PENUTUP**

#### **7.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Sumber limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di tiap fakultas berbeda-beda. Sumber limbah B3 dari Fakultas Teknik berasal dari limbah laboratorium. Sumber limbah B3 dari Fakultas Matematika dan IPA berasal dari limbah laboratorium, khusus untuk Departemen Farmasi sumber limbah berasal dari limbah laboratorium dan limbah medis. Sumber limbah B3 dari Fakultas Kedokteran dan Fakultas Kedokteran Gigi berasal dari limbah laboratorium dan limbah medis.
- Karakteristik yang dihasilkan dari tiap laboratorium terdiri dari limbah *flammable*, limbah *harmful*, limbah korosif, limbah toksik, limbah eksplosif, limbah *oxidizing*, limbah karsinogenik, limbah *dangerous for the environment*, limbah organik, dan bahan kadaluarsa. Karakteristik yang dihasilkan dari limbah medis terdiri dari limbah benda tajam, limbah lain yang terkontaminasi, limbah patologis, limbah cairan tubuh manusia/darah/produk darah, limbah kandang binatang/binatang yang dimatikan/alas tidur binatang dan kotorannya, dan limbah farmasi.
- Sistem pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun yang dapat diterapkan di lingkungan Universitas Indonesia belum dapat dibuat perencanaan secara teknis melalui perhitungan, melainkan baru dibuat rekomendasi. Rekomendasi sistem pengelolaan limbah B3 yang direncanakan meliputi rekomendasi pengumpulan limbah B3, rekomendasi penyimpanan sementara limbah B3, dan rekomendasi pengolahan limbah B3. Rekomendasi pengumpulan limbah B3 meliputi pewadahan seluruh limbah, baik limbah medis maupun limbah laboratorium. Pengumpulan limbah laboratorium direkomendasikan dengan cara ditampung dalam jerigen/botol penampungan. Pengumpulan limbah medis direkomendasikan

dengan cara ditampung dalam wadah khusus, seperti kardus/wadah khusus jarum suntik atau kantong plastik kuning. Rekomendasi penyimpanan sementara meliputi pemilihan tipe kontainer yang dapat digunakan dan penyimpanan limbah kimia cair berdasarkan karakteristiknya yang ditempatkan menjadi satu tempat dan lokasi penyimpanan limbah tersebut juga mempertimbangkan resiko yang mungkin timbul jika lokasi tersebut berdekatan dengan karakteristik limbah lainnya. Rekomendasi pengolahan limbah B3 diutamakan pada limbah medis dan limbah korosif yang bersifat asam atau basa. Rekomendasi pengolahan limbah B3 ditujukan untuk mengurangi resiko bahaya yang timbul sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah medis direkomendasikan dengan sterilisasi menggunakan *autoclave*, desinfeksi, dan insenerasi. Pengolahan limbah korosif yang mengandung asam dan basa direkomendasikan dengan menetralkan limbah tersebut hingga mencapai pH normal sebelum dibuang.

## 7.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

- Melakukan upaya minimisasi limbah dengan cara menangani bahan kimia dan melakukan prosedur yang benar di laboratorium.
  - a. Sebelum bahan kimia diterima, setiap penanggung jawab laboratorium harus mengetahui informasi mengenai penanganan, penyimpanan, dan pembuangan bahan kimia yang dibeli dan bahan kimia yang akan digunakan berdasarkan *Material Safety Data Sheet* (MSDS) dari pihak penjual bahan kimia. Selain itu, bahan kimia yang diterima harus memiliki label.
  - b. Penyimpanan bahan kimia di laboratorium sebaiknya dipisahkan berdasarkan karakteristiknya, lalu diurutkan berdasarkan abjad sehingga memudahkan pengguna laboratorium dalam menggunakan bahan kimia dan membuang limbahnya berdasarkan karakteristik

bahayanya. Jika bahan kimia memiliki lebih dari satu karakteristik, pisahkan dengan menggunakan karakteristik bahaya yang utama.

- Setiap laboratorium dan rumah sakit atau klinik harus menampung limbah B3 berdasarkan karakteristiknya secara konsisten dan melakukan pengawasan setiap saat untuk kegiatan penampungan ini.
- Kuantitas timbulan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) pada penelitian ini belum dapat diperhitungkan karena adanya keterbatasan akses dalam memperoleh data kuantitas limbah B3. Selain itu, data kuantitas limbah B3 kurang dapat diperoleh hanya dengan metode wawancara karena keterbatasan pengetahuan laboran dalam menghitung atau memperkirakan kuantitas timbulan limbah B3. Demi mengetahui kuantitas limbah B3 yang dihasilkan, pelaku kegiatan di laboratorium atau di rumah sakit sebaiknya melakukan inventarisasi terlebih dahulu terhadap bahan yang akan digunakan dan limbah yang akan dihasilkan. Demikian juga untuk mengetahui tanggal kadaluarsa bahan kimia. Setiap penerimaan bahan kimia dan pertama kali bahan kimia dibuka harus tercatat dan terinventarisasi sehingga bahan kimia yang lama diutamakan penggunaannya. Hal ini untuk mengurangi timbulan limbah bahan kimia kadaluarsa. Namun, tidak menutup kemungkinan untuk penggunaan bahan kimia yang tidak tahan lama, sehingga penggunaannya dilihat berdasarkan tanggal kadaluarsa bahan kimia tersebut.
- Berdasarkan rekomendasi yang diberikan, setiap laboratorium sebaiknya memiliki petugas yang memiliki kemampuan khusus mengenai pengelolaan limbah B3. Oleh karena itu, dibutuhkan pekerja yang profesional di bidang ini atau diadakan pelatihan terhadap petugas mengenai pengelolaan limbah B3.
- Penelitian ini merupakan penelitian awal untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi limbah B3. Sampel yang diambil dalam penelitian ini pun masih diambil 30 laboratorium dari 4 fakultas di Universitas Indonesia. Perencanaan pengelolaan limbah B3 yang dibuat pada penelitian kali ini pun hanya berupa rekomendasi pengelolaan sampai pada tahap penyimpanan sementara dan belum mempertimbangkan perencanaan teknis melalui

**Universitas Indonesia**

perhitungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melengkapi dan menyempurnakan penelitian ini dengan melihat kuantitas limbah B3 yang ditimbulkan dari seluruh laboratoriu di seluruh fakultas di Universitas Indonesia demi terwujudnya perencanaan sistem pengelolaan limbah B3 di Universitas Indonesia secara lengkap yang dilengkapi dengan perhitungan teknis.



## DAFTAR PUSTAKA

- A Guide to The Handling and Disposal of Medical Waste*. (n.d.). 4 Desember 2010. <http://asaha.com/ebook/wMjk4Mjc-/A-Guide-to-the-Handling-and-Disposal-of-Medical-Waste.pdf>
- Abbey Chemicals. (5 Februari 2008). *Lithiu carbonate MSDS* 29 April 2011. <http://www.abbey-chemicals.co.uk/MSDS/Lithium-Carbonate-MSDS.pdf>
- Acros Organics N. V. (2 Agustus 2000). *Material safety data sheet paraffin wax (granular)*. 30 April 2011. <https://fscimage.fishersci.com/msds/95820.htm>
- Adisasmito, W. & Yuliansyah. (1998). *Panduan pelaksanaan program pencemaran untuk rumah sakit*. Jakarta: Pelangi Indonesia.
- Agustiani E, Slamet A, & Winarni D. (1998). *Penambahan PAC pada proses lumpur aktif untuk pengolahan air limbah rumah sakit: laporan penelitian*. Surabaya: Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anatech Ltd. (Mei 2008). *Material safety data sheet hematoxylin normal*. 29 April 2011. [http://www.anatechldusa.com/MSDS\\_pdf/HemNor.pdf](http://www.anatechldusa.com/MSDS_pdf/HemNor.pdf)
- Arda, A.H. (Maret 17, 2010). *Media terkontaminasi limbah bahan berbahaya dan beracun*. 1 Desember 2010. <http://WordPress.com>
- Burton, G. A. *Appendix E laboratory safety waste disposal, and chemical analyses methods*. Oktober 2002.
- Cha, D. K., Song, J. S., Sarr, D., & Kim, B. J. (1996). Hazardous waste treatment technologies. *Water Environment Research*, 68, 575-582.
- Darmiati, Tience. (Januari 2, 2010). *Dampak limbah B3*. 7 Oktober 2010. <http://www.kenarimgz.com>
- Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia. (n.d.). *Lab. Pendidikan*. 5 April 2011. <http://www.chemeng.ui.ac.id>
- Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia. (18 Januari 2008). *Facilities*. 25 Februari 2011. <http://www.civil.eng.ui.ac.id>
- Department of Environmental Health and Safety, Stony Brook University, New York. (n.d.). *Hazardous chemical waste management*. 4 Desember 2010. <http://stonybrook.edu/ehs>

- Djoko S. (2001). Pengelolaan limbah rumah sakit. *Sipil Soepra: Jurnal Sipil*, 3, 91-9.
- EMD Bhemicals Inc. (16 Agustus 2005). *Material safety data sheet lactophenol solution*. 28 April 2011. <http://services.georgiasouthern.edu/ess/msds/Lactophenol.pdf>
- Fakultas Farmasi Universitas Indonesia. (2011). *Laboratorium Bioavailabilitas dan Bioekivalensi (BA-BE)*. 5 April 2011. <http://www.farmasi.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. (20 Agustus 2008). *Departemen*. 5 April 2011. <http://fkg.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. (2008). *Rumah Sakit Gigi Mulut Pendidikan*. 31 Maret 2011. <http://fkg.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. (2010). *Departemen Biokimia & Biologi Molekuler*. 19 Maret 2011. <http://www.fk.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. (2010). *Departemen Biologi Kedokteran*. 19 Maret 2011. <http://www.fk.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. (2010). *Departemen Histologi*. 19 Maret 2011. <http://www.fk.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. (2010). *Departemen Kimia Kedokteran*. 19 Maret 2011. <http://www.fk.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. (2010). *Departemen Parasitologi*. 19 Maret 2011. <http://www.fk.ui.ac.id>
- Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. (2010). *Departemen Patologi Anatomi*. 19 Maret 2011. <http://www.fk.ui.ac.id>
- Glasser, H, & Chang, DPY. (1991). An analysis of biomedical waste incineration. *J Air Waste Manage Assoc.*, 41, 1180-1188.
- Hananto, W.M. (1999). Mikroorganisme patogen limbah cair rumah sakit dan dampak kesehatan yang ditimbulkannya. *Buletin Keslingmas*, 18, 37-44.
- Haryanto. (2001). Analisis senyawa-senyawa kimia limbah cair rumah sakit. *Kodya Jambi. Percikan*, 31, 54-9.
- Hazardous Materials and Waste Management Division, Colorado Department of Public Health and Environment. (April 2000). *Treatment of hazardous waste by generators guidance document, (2<sup>nd</sup> Ed.)*. 4 Desember 2010. [www.cdphe.state.co.us/hm/hwrcycl.pdf](http://www.cdphe.state.co.us/hm/hwrcycl.pdf).



- Indiana University Office of Environmental Health, and Safety Management. (2001). *Hazardous waste management guide*. 4 Desember 2010.
- Jorgensen Laboratories, Inc.. (1 Juli 2004). *Material safety data KOH, 10%*. 27 April 2011. [http://www.jorvet.com/msds/KOH\\_10.pdf](http://www.jorvet.com/msds/KOH_10.pdf)
- Karmana, O., Nurzaman, M., & Sanusi, S. (2003). *Pengaruh limbah padat rumah sakit hasil insinerasi dan pupuk NPK bagi pertumbuhan tanaman bayam (Amaranthus Sp) var. giti hijau: laporan penelitian*. Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran.
- Keene, J.H. (1991). Medical waste: a minimal hazard. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 12, 682-685.
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor KEP-01/BAPEDAL/09/1995 Tentang Tata Cara dan Teknis Persyaratan Pengumpulan Limbah B3.
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor Kep-02/BAPEDAL/09/1995 Tentang Dokumen Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor Kep-03/BAPEDAL/09/1995 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor KEP-04/BAPEDAL.09/1995 Tentang Tata Cara Persyaratan Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan dan Lokasi Penimbunan Limbah B3.
- Keputusan Kepala Bappedal Nomor KEP-05/BAPEDAL/09/1995 Tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 111 Tahun 2003 Tentang Pedoman mengenai Syarat dan Tata Cara Perizinan serta Pedoman Kajian Pembuangan Air Limbah ke Air atau Sumber Air.
- La Grega M.D., Buckingham, P.L., & Evans, J.C. (2001). *Hazardous waste management and environmental resources management 2<sup>nd</sup> ed*. New York: Mc Graw-Hill International Edition.
- LabChem Inc. (26 November 2007). *Material safety data sheet Manganese (II) sulfate, monohydrate*. 29 Mei 2011. [www.labchem.net](http://www.labchem.net)
- Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan. (2009). *Modul praktikum mikrobiologi lingkungan*. Depok: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan. (2009). *Modul praktikum kimia lingkungan*. Depok: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.

- Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan. (2009). *Modul praktikum laboratorium lingkungan*. Depok: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia
- Li, C.S. & Jenq, F.T. (1993). Physical and chemical composition of hospital waste. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 14, 145-150.
- Lou, J.C., & Chen, C.L. (1995). Destruction of butane and toluene with catalytic incineration. *J. Hazard. Waste Hazard. Mater*, 12, 37.
- Margono, S. (1999). *Pengelolaan limbah klinis rumah sakit dan sarana kesehatan lainnya*. Jakarta: Direktorat Penyehatan Lingkungan dan Pemukiman, DITJEN PPM&PLP Departemen Kesehatan.
- McCabe, J.F. (1990). *Fundamental of dental material* (2<sup>nd</sup> Ed.). New York: Mc Graw-Hill.
- McKusick, B. C. (1981). Prudent practices for handling hazardous chemical in laboratories. *Science*, 211, 777-780.
- Merck Chemicals Indonesia. (2011). *109161 Ferroin indicator solution*. 30 April 2011. <http://www.merck-chemicals.com>
- Merck KGaA. (2011). *805797 Malondialdehida-bis(dietil-acetal) (1,1,3,3-tetraetoksi-propan)*. 30 April 2011. [http://www.merck-chemicals.com/romania/malondialdehida-bisdietil-acetal-1-1-3-3-tetraetoksi-propan/MDA\\_CHEM-805797/p\\_p6eb.s1LzcoAAAEWhOefVhT1](http://www.merck-chemicals.com/romania/malondialdehida-bisdietil-acetal-1-1-3-3-tetraetoksi-propan/MDA_CHEM-805797/p_p6eb.s1LzcoAAAEWhOefVhT1)
- Microbial ID. (19 Juni 2009). *Material safety data sheet instant FAME/instant anaerobe methods: methanol*. 29 April 2011. [http://www.midi-inc.com/pdf/MSDS\\_Methanol.pdf](http://www.midi-inc.com/pdf/MSDS_Methanol.pdf)
- O'Brien, W.J. (Ed.). (2002). *Dental materials and their selection* (3rd ed.). Canada: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor:HK.00.05.3.1818 Tahun 2005 Tentang Pedoman Uji Bioekivalensi
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya Dan Beracun.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 18 Tahun 2009 Tentang Tata Cara Perizinan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 jo. Peraturan Pemerintah Nomor 85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1994 jo. Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 1995 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun.

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (8 Februari 2005). *Safety data for agarose*. 17 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/AG/agarose.html>

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (9 Agustus 2004). *Safety (MSDS) data for ethyl alcohol, absolute (200 proof)*. 17 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/ET/ethyl\\_alcohol.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/ET/ethyl_alcohol.html)

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (14 Januari 2004). *Chemical safety data: ammonium hydroxide*. 30 April 2011. [http://cartwright.chem.ox.ac.uk/hsci/chemicals/ammonium\\_hydroxide.html](http://cartwright.chem.ox.ac.uk/hsci/chemicals/ammonium_hydroxide.html)

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (9 Januari 2006). *Material safety data sheet ammonia solution*. 17 April 2011. <http://www.sciencestuff.com/msds/C1200.html>

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (6 Januari 2006). *Safety data for acetic acid*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/AC/acetic\\_acid.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/AC/acetic_acid.html)

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (10 Agustus 2010). *Safety data for hydrochloric acid (concentrated)*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/HY/hydrochloric\\_acid.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/HY/hydrochloric_acid.html)

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (4 September 2003). *Safety data for lactic acid solution*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/LA/lactic\\_acid.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/LA/lactic_acid.html)

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (17 Januari 2007). *Safety data for molybdic acid*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/MO/molybdic\\_acid.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/MO/molybdic_acid.html)

Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (16 Maret 2004). *Safety data for nitric acid (concentrated)*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/NI/nitric\\_acid.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/NI/nitric_acid.html)

- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (26 Juli 2010). *Safety data for picric acid*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/PI/picric\\_acid.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/PI/picric_acid.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (10 Agustus 2010). *Safety data for sulfuric acid (concentrated)*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/SU/sulfuric\\_acid\\_concentrated.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/SU/sulfuric_acid_concentrated.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (25 Februari 2010). *Safety data for acetonitile*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/AC/acetonitrile.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (22 Desember 2009). *Safety data for barium chloride anhydrous*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/BA/barium\\_chloride\\_anhydrous.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/BA/barium_chloride_anhydrous.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (18 April 2006). *Safety data for benzene*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/BE/benzene.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (28 September 2004). *Safety data for bismuth*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/BI/bismuth.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (30 November 2010). *Safety data for butyl acetate*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/BU/butyl\\_acetate.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/BU/butyl_acetate.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (7 Januari 2010). *Safety data for copper (II) sulfat*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/CO/copper\\_II\\_sulfate.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/CO/copper_II_sulfate.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (14 Februari 2007). *Safety data for dichloromethane*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/DI/dichloromethane.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (7 Januari 2006). *Safety data for diethyl eter*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/DI/diethyl\\_ether.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/DI/diethyl_ether.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (12 April 2005). *Safety data for ethidium bromide*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/ET/ethidium\\_bromide.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/ET/ethidium_bromide.html)

- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (19 November 2010). *Safety data for ethyl acetate*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/ET/ethyl\\_acetate.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/ET/ethyl_acetate.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (27 Maret 2008). *Safety data for ferric chloride solution*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/FE/ferric\\_chloride\\_solution.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/FE/ferric_chloride_solution.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (15 Desember 2006). *Safety data for ferrous ammonium sulfate hexahydrate*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/FE/ferrous\\_ammonium\\_sulfate\\_hexahydrate.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/FE/ferrous_ammonium_sulfate_hexahydrate.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (4 juli 2005). *Safety data for hexane*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/HE/hexane.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (9 Maret 2005). *Safety data for cadmium*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/CA/cadmium.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (25 Oktober 2005). *Safety data for potassium iodide*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/PO/potassium\\_iodide.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/PO/potassium_iodide.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (1 Juli 2005). *Safety data for calcium carbonate*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/CA/calcium\\_carbonate.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/CA/calcium_carbonate.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (15 Juni 2005). *Safety data for methyl ethyl ketone peroxide*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/ME/methyl\\_ethyl\\_ketone\\_peroxide.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/ME/methyl_ethyl_ketone_peroxide.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (13 Juli 2010). *Safety data for chloroform*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/CH/chloroform.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (20 Mei 2005). *Safety data for magnesium*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/MA/magnesium.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (20 Agustus 2010). *Safety data for mercury*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/ME/mercury.html>

- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (12 Juni 2005). *Safety data for mercury (II) sulfate*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/ME/mercury\\_II\\_sulfate.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/ME/mercury_II_sulfate.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (18 Oktober 2006). *Safety data for methyl benzoate*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/ME/methyl\\_benzoate.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/ME/methyl_benzoate.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (2 Maret 2009). *Safety data for murexide*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/MU/murexide.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (2 Juli 2007). *Safety data for nitrobenzene*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/NI/nitrobenzene.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (5 Desember 2006). *Safety data for petroleum ether*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/PE/petroleum\\_ether.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/PE/petroleum_ether.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (23 Agustus 2006). *Safety data for phenol*. 30 April 2011. <http://msds.chem.ox.ac.uk/PH/phenol.html>
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (12 April 2005). *Safety data for potassium chloride*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/PO/potassium\\_chloride.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/PO/potassium_chloride.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (17 Oktober 2006). *Safety data for silica gel*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/SI/silica\\_gel.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/SI/silica_gel.html)
- Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety, Department of Chemistry, University of Oxford. (26 Juni 2006). *Safety data for trichloroacetic acid*. 30 April 2011. [http://msds.chem.ox.ac.uk/TR/trichloroacetic\\_acid.html](http://msds.chem.ox.ac.uk/TR/trichloroacetic_acid.html)
- ProSciTech. (18 September 2006). *Material safety data sheet eosin 1% aqueous*. 29 April 2011. <http://www.proscitech.com.au/cataloguex/msds/aeoa1-500.pdf>
- ProSciTech. (18 September 2006). *Material safety data sheet rapid stain 1 (eosin)*. 29 April 2011. <http://www.proscitech.com.au/cataloguex/msds/ars1-500.pdf>

- PT Tenang Jaya Sejahtera. (n.d.). *Penyimpanan dan pengumpulan limbah B3*. 4 Desember 2009. <http://www.tenangjaya.com>
- Rau, E.H., Alairno, R.J., Ashbrook, P.C., Austin, S.M., Borenstein, N., Evams, M.R., French, H.M., Gilpin, R.W., Jr., H.J., Hurnmell, S.hJ., Jacobsohn, A.P., Lee, C.Y., Merkle, S., Radzinski, T., Sloane, R., Wagner, K.D., & Weaner, L.E. (2000). Minimization and management of wastes from biomedical research. *Environmental Health Perspectives*, 108, 953-975.
- ReAgent. (2 Maret 2010). *Imersion oil MSDS*. 28 April 2011. <http://www.reagent.co.uk/msds/IMMERSION-OIL-MSDS.pdf>
- ReAgent. (23 September 2008). *Giemsa's stain powder MSDS*. 29 April 2011. <http://www.reagent.co.uk/msds/EDTA-0.01M-MSDS.pdf>
- ReAgent. (25 September 2009). *EDTA 0,01 M MSDS*. 1 Mei 2011. <http://www.reagent.co.uk/msds/EDTA-0.01M-MSDS.pdf>
- ReAgent. (Januari 2005). *Safety data sheet solochrome black (eriochrome black T)*. 20 April 2011. <http://www.reagent.co.uk/msds/ERIOCHROME-BLACK-T-MSDS.pdf>
- Rostiyanti SF & Sulaiman F. (2001). Studi pemeliharaan bangunan pengolahan air limbah dan insinerator pada rumah sakit di Jakarta. *Jurnal Kajian Teknologi*, 3, 113-23.
- Rutala, W.A. & Mayhall, C.G. (1992). Medical waste. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 13, 38-47.
- Rutala, W.A. & Sarubbi, F.A. (1983). Management of infectious waste from hospitals. *Infection Control*, 4, 198-204.
- Sabayang P, Muljadi, Budi P. (1996). *Konstruksi dan Evaluasi Insinerator untuk Limbah Padat Rumah Sakit*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan. Shahib MN (1999). *Penerapan Teknik "Polymerase Chain Reaction" (PCR) untuk Memonitor Pencemaran Lingkungan oleh Senyawa Merkuri (Hg) pada Limbah Cair Rumah Sakit*. Kongres Himpunan Toksikologi Indonesia: Prosiding, Jakarta, 22-23 Feb 1999. Shahib MN, Djustiana N (1998). *Profil DNA Plasmid E. Coli yang Diisolasi dari Limbah Cair Rumah Sakit*. Majalah Kedokteran Bandung: 30 (1) 1998: 328-41.
- Science and Technology Division, Parliamentary Research Branch, Library of Parliament Bibliotheque du Parlement. (Desember 1992). *Hazardous waste management: canadian directions*. By Stephanie Meakin. 4 Desember 2010. <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection-R/LoPBdP/BP/bp323-e.htm>

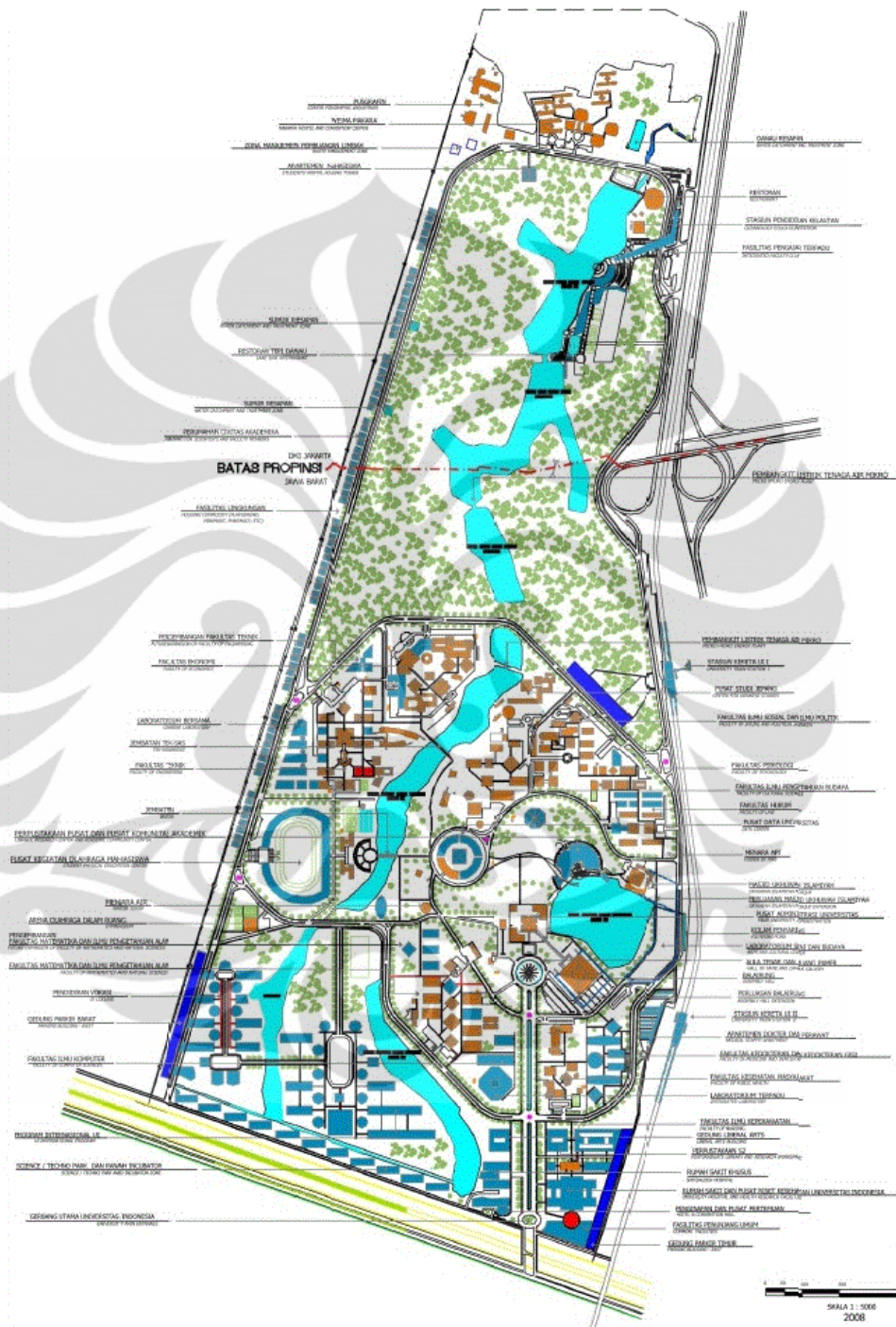
- Science Lab.com, Inc. (1 November 2005). *Material safety data sheet sodium sulfate anhydrous MSDS*. 30 April 2011. <http://www.sciencelab.com>
- Science Lab.com, Inc. (10 November 2005). *Material safety data sheet lead sulfide MSDS*. 30 April 2011. <http://www.sciencelab.com>
- Science Lab.com, Inc. (10 November 2005). *Material safety data sheet sulfate acid MSDS*. 30 April 2011. <http://www.sciencelab.com>
- Science Lab.com, Inc. (11 Januari 2011). *Material safety data sheet Sodium bisulfate MSDS*. 29 Mei 2011. <http://www.sciencelab.com>
- Science Lab.com, Inc.. (11 Januari 2011). *Material safety data sheet potassium dichromate, 0.25 N MSDS*. 1 Mei 2011. <http://www.sciencelab.com>
- Sigma-Aldrich Pte Ltd. (13 April 2011). *Safety data sheet oxalic acid standard solution*. 30 April 2011. <http://www.sigmaaldrich.com>
- Sigma-Aldrich Pte Ltd. (13 April 2011). *Safety data sheet silver sodium hydroxide standar solution*. 30 April 2011. <http://www.sigmaaldrich.com>
- Sigma-Aldrich Pte Ltd. (2011). *Safety data sheet silver sulfate-sulfuric acid solution*. 30 April 2011. <http://www.sigmaaldrich.com>
- Sigma-Aldrich Pte Ltd. (22 Oktober 2009). *Safety data sheet sodium thiosulfate solution*. 30 April 2011. <http://www.sigmaaldrich.com>
- Sigma-Aldrich Pte Ltd. (29 September 2010). *Safety data sheet sodium carbonate solution*. 30 April 2011. <http://www.sigmaaldrich.com>
- Sistem pengelolaan limbah B3. (n.d.). 8 Oktober 2010. [http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/rekayasa\\_lingkungan/bab7\\_sistem\\_pengelolaan\\_limbah\\_b3.pdf](http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/rekayasa_lingkungan/bab7_sistem_pengelolaan_limbah_b3.pdf)
- Soemantojo, R.W. (2002). Pengumpulan data, analisis dan prakiraan dampak dari rencana kegiatan yang berkaitan dengan bahan beracun & berbahaya, dalam ADKL. Jakarta.
- Southern Methodist University. (Juli 2008). *Hazardous waste management procedures*. 3 Desember 2010. <http://smu.edu/riskmgmt/hazardous/index.asp>.
- Sultan Health Care, Inc. (2 Juni 2006). *Material safety data sheet xylol*. 30 April 2011. <http://sultanhealthcare.com>
- Sundana, E.J. (2000). Hospital waste minimization in Indonesia case study: Muhammadiyah Bandung General Hospital (RSMB). *Jurnal Itenas*, 4, 43-9.



- Surat Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor Kep-03/BAPEDAL/09/1995 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- The University of Queensland Australia. (Agustus 2005). *Environmental management system (EMS) guide to laboratory waste disposal*. 4 Desember 2010. <http://www.pf.uq.edu.au/ems.html>.
- Tim KBI Analitik. (2000). *Penuntun praktikum kimia analisis instrumentasi*. Depok: KBI Analitik Departemen Kimia FMIPA UI.
- Tim KBI Analitik. (2009). *Penuntun praktikum kimia analisis anorganik kuantitatif*. Depok: KBI Analitik Departemen Kimia FMIPA UI.
- Tim KBI Anorganik. Ed. Riwandi Sihombing. (2005). *Praktikum sintesis senyawa koordinasi*. Depok: KBI Anorganik Departemen Kimia FMIPA UI.
- Tim KBI Anorganik. Ed. Riwandi Sihombing. (2011). *Penuntun praktikum kimia logam dan non-logam*. Depok: KBI Anorganik Departemen Kimia FMIPA UI.
- Tim KBI Kimia Dasar, Suharto, S., Moerwani, P., Moenandar, I., & Hudiyo, S. Ed. Ismunaryo Moenandar. (2005). *Diktat penuntun praktikum kimia dasar I*. Depok: Departemen Kimia FMIPA UI.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Underwood, J.C.E. (1999). *Patologi umum dan sistematik Vol.1 Ed.2* (Sarjadi editor edisi Bahasa Indonesia). Jakarta: EGC.
- United Nations Environment Programme (UNEP), Industry and Environment Office (IEO). (1990). *Storage of hazardous materials: a technical guide for safe warehousing of hazardous materials*. France: author.
- Universitas Indonesia. (2008). *Departemen Farmasi: Bioavailabilitas – Bioekivalensi (BA-BE)*. 3 November 2010. <http://www.silab.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2008). *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Daftar organisasi/departemen dan laboratorium*. 3 November 2010. <http://www.silab.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2008). *Fakultas Teknik: Daftar organisasi/departemen dan laboratorium*. 3 November 2010. <http://www.silab.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2008). *Laporan akhir panduan perencanaan dan pengembangan lingkungan Kampus Universitas Indonesia Depok*. Depok: Universitas Indonesia.

- Universitas Indonesia. (2008-2011). *Tentang UI: Pengantar*. 12 Desember 2010. <http://www.ui.ac.id/id/profile/page/pengantar>
- Universitas Indonesia. (2010). *Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Kimia Analisis*. 5 April 2011. <http://www.laboratorium.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2010). *Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Kimia Anorganik*. 5 April 2011. <http://www.laboratorium.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2010). *Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Kimia Fisik*. 5 April 2011. <http://www.laboratorium.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2010). *Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Kimia Organik*. 5 April 2011. <http://www.laboratorium.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2010). *Teknik: Dasar Proses Kimia (DPK)*. 5 April 2011. <http://www.laboratorium.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2010). *Teknik: Laboratorium Rekayasa Bioproses (BIO)*. 5 April 2011. <http://www.laboratorium.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (2010). *Teknik: Teknik Penyehatan dan Lingkungan*. 5 April 2011. <http://www.laboratorium.ui.ac.id>
- Universitas Indonesia. (Januari 2008). *Membangun masa depan yang lebih baik melalui peningkatan keunggulan Universitas Indonesia: Rencana Strategis Universitas Indonesia 2007 – 2012*. Rencana strategis ini disahkan dalam Rapat Paripurna MWA UI. 9 Juni 2011. [http://www.ui.ac.id/download/renstra\\_ui.pdf](http://www.ui.ac.id/download/renstra_ui.pdf)
- University of Texas at El Paso. (September 2009). *Hazardous materials handling and disposal policy and procedures*. 3 Desember 2010. <http://admin.utep.edu/Portals/98/Hazardous%20Materials%20Handling%20%20Disposal%20Sep%202009.pdf>

Peta Masterplan 2008 Universitas Indonesia



Sumber: Universitas Indonesia, 2008

## Identifikasi Limbah dari Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan

Praktikum	Modul	Limbah yang Dihasilkan	
Kimia Lingkungan	Asam/Basa (Metode Titrimetri dan Potensiometri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asam Sulfat (<math>H_2SO_4</math>) pekat</li> <li>Larutan Natrium Tiosulfat (<math>Na_2S_2O_3</math>) 0,1 M</li> <li>Larutan Natrium Karbonat (<math>Na_2CO_3</math>) 0,05 N</li> </ul>	
	Warna (Metode Perbandingan)	-	
	Kekeruhan (Metode Nefelometri)	-	
	Angka Permanganat (Titrimetri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asam Sulfat (<math>H_2SO_4</math>) 8 N bebas organik</li> <li>Kalium Permanganat (<math>KMnO_4</math>) 0,1 N</li> <li>Kalium Permanganat (<math>KMnO_4</math>) 0,01 N</li> <li>Asam Oksalat (<math>COOH</math>)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,1 N Asam Oksalat (<math>COOH</math>)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,01 N</li> </ul>	
	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD, Metode Refluks)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Larutan Baku Kalium Dikromat 0,25 N</li> <li>Larutan Asam Sulfat - Perak Sulfat</li> <li>Larutan Indikator <i>Ferrouin</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,1 N</li> <li>Serbuk Merkuri Sulfat (<math>HgSO_4</math>)</li> </ul>
	Kesadahan Total Kalsium dan Magnesium (Metode Titrimetri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indikator <i>Eriochrome Black T</i> (EBT)</li> <li>Larutan penyangga pH 10 + 0,1</li> <li>Larutan baku dinatrium etilen diamin tetraasetat dihidrat (<math>Na_2EDTA \cdot 2H_2O = C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O</math>) 0,01 M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Larutan Standar Kalsium Karbonat (<math>CaCO_3</math>) 0,01 M</li> <li>Larutan <math>Na_2EDTA + 0,01 M</math></li> <li>Indikator <i>Murexid</i></li> <li>Larutan Natrium Hidroksida (<math>NaOH</math>) 1 N</li> </ul>
	Sulfat ( $SO_4$ ) secara Spektrofotometri	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barium Klorida (<math>BaCl_2 \cdot 2H_2O</math>)</li> <li>Larutan Standar Induk Sulfat 100 ppm</li> <li>Larutan Kondisi (Alkohol + NaCl + Gliserol)</li> </ul>	

(lanjutan Lampiran 2)

Praktikum	Modul	Limbah yang Dihasilkan	
	Mangan (Mn) Metode Spektrofotometri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pereaksi Khusus (<math>\text{HgSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{aquades} + \text{Asam Fosfat} + \text{AgNO}_3 + \text{air suling}</math>)</li> <li>• Kalium Persulfat <math>\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8</math> padat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrogen Peroksida 30%</li> <li>• Asam Nitrat Pekat</li> <li>• Larutan Natrium Nitrit</li> <li>• Asam Sulfat Pekat</li> <li>• Larutan Natrium Bisulfit</li> <li>• Natrium Oksalat</li> <li>• Larutan Standar Mangan</li> </ul>
	Oksigen Terlarut - <i>Dissolved Oxygen</i> (Metode Iodometri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangan Sulfat</li> <li>• Natrium Hidroksida/Kalium Hidroksida</li> <li>• Natrium Iodida/Kalium Iodida</li> <li>• Amilum</li> <li>• Natrium Azida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asam Salisilat</li> <li>• Asam Sulfat Pekat</li> <li>• <i>Sodium Thiosulfat</i> (<math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math>)</li> <li>• Kalium Bi-iodat <math>\text{KH}(\text{IO}_3)_2</math></li> <li>• Kalium Dikromat (<math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7</math>)</li> </ul>
	Kebutuhan oksigen Biokimiawi (BOD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Larutan Natrium Hidroksida (<math>\text{NaOH}</math>) 0,1 N</li> <li>• Larutan Asam Sulfat (<math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>) 0,1 N</li> <li>• Larutan Natrium Sulfit (<math>\text{Na}_2\text{SO}_3</math>) 0,025 N</li> </ul>	
Laboratorium Lingkungan	Analisa Klor Aktif dengan Metode Iodometri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Larutan Standar Natrium Tiosulfat (<math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3</math>) 0,1 N</li> <li>• Indikator Kanji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asam Asetat Pekat</li> <li>• Kalium Iodida Kristal</li> </ul>
	Proses Koagulasi dan Flokulasi ( <i>Jar Test</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koagulan PAC (<i>Poly Aluminium Chloride</i>)</li> <li>• Koagulan <math>\text{FeCl}_3</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koagulan <math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math></li> </ul>
	Zat Padat - <i>Total Solids</i> , TSS, TDS, dan VSS – (Metode Gravimetri)	Kertas Saring ( <i>Glass-Fiber Filter</i> )	
	Keseimbangan Massa ( <i>Mass Balance</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Larutan <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> Pekat</li> <li>• Larutan <i>Sodium Thiosulfat</i> 0,025 N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Larutan <math>\text{MnSO}_4</math></li> <li>• Larutan Amilum</li> </ul>
Mikrobiologi Lingkungan	Enumerasi Mikroorganisme	Media agar	
	Pemeriksaan Air	Media agar	
	Pengecatan Struktur Sel Mikroorganisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media agar</li> <li>• Larutan <i>Crystal Violet</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Larutan <i>Lugol Iodine</i></li> <li>• Larutan <i>Safranin</i></li> </ul>

Sumber: Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, 2009

Daftar Bahan Kimia Kadaluaarsa Bentuk Padat di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan  
dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan

No	Nama Bahan Kimia	Bentuk	Jumlah	Massa Total	Tanggal Kadaluaarsa	Kemasan
1	Aluminium Sulfat 18 H <sub>2</sub> O	Serbuk	2	1000 gr	1998, 1993	wadah plastik
2	Aluminium Potassium Sulfat 12 H <sub>2</sub> O	Serbuk	3	1000 gr	1998	wadah plastik
3	Amonium Klorida	Serbuk	1	500 gr	1992	wadah plastik
4	Amonium tiosulfat	Serbuk	1	500 gr	1999	wadah plastik
5	<i>Ascorbic Acid</i>	Serbuk	1	100 gr	2001	wadah plastik
6	Barium Klorida	Serbuk	9	1000 gr	1997, 2004	wadah plastik
7	Kalsium Karbonat	Serbuk	8	250 gr	2006, 2002, 1995	wadah plastik
		Serbuk	5	500 gr	2006, 2004	wadah plastik
		Serbuk	2	1000 gr	2001, 1993	wadah plastik
8	Kalsium Hidroksida	Serbuk	6	500 gr	2001, 1998, 1993	wadah plastik
9	Kalsium Nitrat	Serbuk	1	500 gr	2001	wadah plastik
10	Kalsium Sulfat dihidrat	Serbuk	1	1000 gr	1998	wadah plastik
11	<i>Iron (II) Chloride</i>	Serbuk	8	250 gr	2001, 2000	wadah plastik
12	<i>Iron (III) Chloride</i>	Serbuk	2	1000 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	1	250 gr	2001	wadah plastik
13	<i>Iron Sulfate</i>	Serbuk	1	500 gr	1998	wadah plastik
		Serbuk	1	1000 gr	2001	wadah plastik

(lanjutan Lampiran 3)

No	Nama Bahan Kimia	Bentuk	Jumlah	Massa Total	Tanggal Kadaluarsa	Kemasan
14	Magnesium	Serbuk	1	250 gr	*1	wadah kaleng
15	Magnesium Klorida	Serbuk	1	1000 gr	1998	wadah plastik
16	Magnesium Sulfat	Serbuk	1	1000 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	1	500 gr	1998	wadah plastik
17	Mangan (II) Sulfat	Serbuk	25	250 gr	2002	wadah plastik
		Serbuk	2	100 gr	2002	wadah plastik
		Serbuk	1	250 gr	1997	wadah plastik
18	Merkuri Iodida	Serbuk	4	250 gr	2001, 2000	wadah plastik
		Serbuk	3	50 gr	1995	wadah plastik
19	Merkuri Sulfat	Serbuk	4	50 gr	1999	wadah plastik
20	1-Naphtylamin	Serbuk	1	100 gr	*1	wadah plastik
21	Asam Oksalat	Serbuk	6	500 gr	2002, 2001	wadah plastik
		Serbuk	1	1000 gr	2002	wadah plastik
22	Potassium Karbonat	Serbuk	1	500 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	7	250 gr	2000, 2001	wadah plastik
23	Potassium Dikromat	Serbuk	6	500 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	1	1000 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	2	100 gr	2000	wadah plastik
24	Potassium Dihidrogen Fosfat	Serbuk	1	1000 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	8	250 gr	2001	wadah plastik

(lanjutan Lampiran 3)

No	Nama Bahan Kimia	Bentuk	Jumlah	Massa Total	Tanggal Kadaluaarsa	Kemasan
25	Potassium Hidroksida	Serbuk	5	1000 gr	2000	wadah plastik
		Serbuk	5	500 gr	2001	wadah plastik
26	di-Potassium Hidrogen Fosfat	Serbuk	3	1000 gr	1998, 2001	wadah plastik
		Serbuk	2	250 gr	2001	wadah plastik
27	<i>Potassium Hydrogen Phtalate</i>	Serbuk	1	100 gr	1998	wadah plastik
28	Potassium Iodida	Serbuk	6	500 gr	2000	wadah plastik
		Serbuk	3	1000 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	2	250 gr	2001	wadah plastik
29	Potassium Permanganat	Serbuk	3	1000 gr	*1	wadah kaleng
		Serbuk	6	250 gr	2005, 2003, 2002, 1998, 1997	wadah kaleng
30	<i>Potassium Sodium Tartrate</i>	Serbuk	4	1000 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	2	500 gr	2001, 1994	wadah plastik
31	<i>Potassium Thiocyanate</i>	Serbuk	3	250 gr	2000	wadah plastik
		Serbuk	2	1000 gr	1995	wadah plastik
32	Asam Salisilat	Serbuk	1	1000 gr	1993	wadah plastik
33	Perak Sulfat	Serbuk	10	25 gr	2000, 1999, 1997	wadah plastik
		Serbuk	2	100 gr	1989	wadah plastik
34	<i>Sodium Azide</i>	Serbuk	2	100 gr	1998	wadah plastik
	Sodium Azide (kemasan kaleng)	Serbuk	2	100 gr	*1	wadah plastik
35	Sodium Klorida	Serbuk	2	500 gr	2002, 2000	wadah plastik



(lanjutan Lampiran 3)

No	Nama Bahan Kimia	Bentuk	Jumlah	Massa Total	Tanggal Kadaluaarsa	Kemasan
36	Sodium Hidroksida	Serbuk	3	500 gr	2001	wadah plastik
		Serbuk	5	1000 gr	2001, 1997	wadah plastik
		Serbuk	1	250 gr	1997	wadah plastik
37	di-Sodium Hidrogen Fosfat	Serbuk	2	1 kg, 500gr	1993, 1990	wadah plastik
38	Sodium Meta Arsenit	Serbuk	1	250 gr	*1	wadah plastik
39	Sodium Nitrit	Serbuk	1	500 gr	2001	wadah plastik
40	tri-Sodium Fosfat	Serbuk	1	1000 gr	*1	wadah plastik
41	Sodium Sulfit	Serbuk	1	250 gr	fasa berubah	wadah plastik
42	Sodium Tiosulfat	Serbuk	5	500 gr	2003, 2002, 2000, 1998	wadah plastik
		Serbuk	2	1000 gr	1999	wadah plastik
43	<i>Starch Solulube</i>	Serbuk	6	250 gr	2001, 2000, 1997	wadah plastik
		Serbuk	2	1000 gr	1998	wadah plastik
44	<i>Titriplex III</i>	Serbuk	2	250 gr	2003, 2001, 1993	wadah plastik
45	<i>Brom Kresol</i>	Serbuk	1	5 gr	*1	Botol kaca coklat
46	<i>Brom thymol blue</i>	Serbuk	3	5gr, 25gr	*1	Botol kaca coklat
47	<i>Brom phenol blue</i>	Serbuk	3	5gr, 25gr	*1	Botol kaca coklat
48	<i>Brucine</i>	Serbuk	2	10 gr	*1	Botol kaca coklat
49	<i>Eriochrom schwarz T</i>	Serbuk	2	25 gr	*1	Botol kaca coklat
50	<i>Methyl orange</i>	Serbuk	2	25 gr	*1	Botol kaca coklat
51	<i>Methyl red</i>	Serbuk	3	25 gr	*1	Botol kaca coklat

(lanjutan Lampiran 3)

No	Nama Bahan Kimia	Bentuk	Jumlah	Massa Total	Tanggal Kadaluausa	Kemasan
52	<i>Murexid</i>	Serbuk	4	5gr, 25gr	*1	Botol kaca coklat
53	<i>Phenol phtalein</i>	Serbuk	4	25 gr	*1	Botol kaca coklat
54	<i>Phenol red</i>	Serbuk	1	5 gr	*1	Botol kaca coklat
55	<i>Acid reagent for Silica</i>	<i>Sachet</i>	1	100/pack	2001	Plastik
56	<i>AluVer 3</i>	<i>Sachet</i>	1	100/pack	1999	Plastik
57	<i>Ascorbic Acid</i>	<i>Sachet</i>	1	100/pack	2000	Plastik
58	<i>Bleaching 3</i>	<i>Sachet</i>	1	100/pack	2000	plastik
59	<i>Buffer Citrate type for Mn</i>	<i>Sachet</i>	8	100/pack	2004, 2003	plastik
60	<i>Citrit Acid</i>	<i>Sachet</i>	1	100/pack	2001	plastik
61	<i>CyaniVer 3 ; 4 ; 5</i>	<i>Sachet</i>	3	100/pack	2001	plastik
62	<i>DPD total chlorine</i>	<i>Sachet</i>	1	100/pack	2001	plastik
63	EDTA		1	100/pack	2000	plastik
64	<i>FerroVer</i>	<i>Sachet</i>	9	100/pack	2005, 2004, 2003	plastik
65	<i>NitraVer 5</i>	<i>Sachet</i>	19	100/pack	2001, 2002, 2004	plastik
66	<i>NitraVer 6</i>	<i>Sachet</i>	1	100/pack	2006	plastik
67	<i>Nitri Ver 3</i>	<i>Sachet</i>	22	100/pack	2006, 2000 - 2004	plastik
68	Aluminium	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
69	<i>Barri Ver 4</i>	<i>Powder pillow</i>	2	50/box	*1	box plastik
70	<i>ChromVer 3</i>	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
71	<i>CuVer 1</i>	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
72	ECR	<i>Powder pillow</i>	2	25/box	*1	box plastik

Universitas Indonesia

(lanjutan Lampiran 3)

No	Nama Bahan Kimia	Bentuk	Jumlah	Massa Total	Tanggal Kadaluarsa	Kemasan
73	EDTA	<i>Powder pillow</i>	4	50/box	*1	box plastik
74	<i>Hexamethylene tetramine</i>	<i>Powder pillow</i>	2	25/box	*1	box plastik
75	<i>Molybdate</i>	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
76	<i>Nickel 1</i>	<i>Powder pillow</i>	1	25/box	*1	box plastik
77	<i>Nickel 2</i>	<i>Powder pillow</i>	1	25/box	*1	box plastik
78	<i>Nitrate Nitrogen</i>	<i>Powder pillow</i>	4	50/box	*1	box plastik
		<i>Ampuls</i>	1	50/box	*1	box plastik
79	<i>NitraVer 5</i>	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
80	<i>NitriVer 3</i>	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
81	Fosfat	<i>Powder pillow</i>	3	50/box	*1	box plastik
		<i>Ampuls</i>	1	50/box	*1	box plastik
82	<i>PhosVer 3</i>	<i>Powder pillow</i>	2	25/box	*1	box plastik
83	<i>Phtalate Phosphate</i>	<i>Powder pillow</i>	6	50/box	*1	box plastik
84	Potassium 2	<i>Powder pillow</i>	1.5	50/box	*1	box plastik
85	Potassium 3	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
86	pPb 5 Indikator	<i>Powder pillow</i>	1	20/box	*1	box plastik
87	<i>Silver 1</i>	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
88	<i>Silver 2</i>	<i>Powder pillow</i>	1	25/box	*1	box plastik
89	Sodium Tiosulfat	<i>Powder pillow</i>	1	25/box	*1	box plastik
90	<i>SulfaVer</i>	<i>Powder pillow</i>	1	50/box	*1	box plastik
91	<i>ZincoVer 5</i>	<i>Powder pillow</i>	9	50/box	*1	box plastik

Universitas Indonesia

(lanjutan Lampiran 3)

No	Nama Bahan Kimia	Bentuk	Jumlah	Massa Total	Tanggal Kadaluarsa	Kemasan
<b>Mikrobiologi</b>						
92	<i>Brilliant Green Bile Broth</i>	Serbuk	1	500 gr	2003	wadah plastik
93	<i>Endo Agar</i>	Serbuk	1	500 gr	2006	wadah plastik
94	<i>Nutrient Agar</i>	Serbuk	1	500 gr	2006	wadah plastik
95	<i>Lactose Broth</i>	Serbuk	1	500 gr	2005	wadah plastik
96	<i>Brilliant Green Bile Broth</i>	Serbuk	2	454 gr	*1	wadah plastik
97	<i>E.C. Medium</i>	Serbuk	1	454 gr	*1	wadah plastik
98	<i>Plate Count Agar</i>	Serbuk	2	454 gr	*1	wadah plastik
99	<i>Lactose Broth</i>	Serbuk	1	454 gr	*1	wadah plastik

Sumber: Laboran Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, 2011

## Lampiran 4

## Bahan Kimia Kadaluarsa Bentuk Cair di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan dan Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan

No	Nama	Jumlah	Bentuk	Tanggal Kadaluarsa	Volume Akhir**
1	O-Tolidine Solution	1	Cairan	*1	800 mL
2	Asam Sulfat	1	Asam	2006	100 mL
3	Asam Sulfat	5	Asam	2005	2,5 L
4	Asam Sulfat	4	Asam	2003	2,5 L
5	Asam Sulfat	2	Asam	2003	1 L
6	Asam Sulfat	1	Asam	2002	150 mL
7	Asam Sulfat	3	Asam	2002	2,5 L
8	Asam Sulfat	1	Asam	2002	1 L
9	Asam Sulfat	5	Asam	2000	2,5 L
10	Asam Sulfat	1	Asam	*1	500 mL
11	Amonia	1	Basa	*1	700 mL
12	Asam nitrit	1	Asam	2005	250 mL
13	Asam nitrit	1	Asam	*1	300 mL
14	Asam nitrit	1	Asam	*1	800 mL
15	Asam nitrit	3	Cairan	*1	1 L
16	Asam nitrit	1	Asam	*1	2,5 L
17	Asam nitrit	1	Asam	*1	1 L
18	Larutan amonia		Cairan	*1	300 mL
19	pH 7,01	1	Netral	1998	300 mL
20	pH 7,01	1	Netral	1998	200 mL
21	pH 7	1	Netral	*1	200 mL
22	Kloroform	1	Cairan	*1	1 L
23	pH 4	1	Asam	1998	250 mL
24	pH 4	1	Asam	*1	460 mL
25	pH 4	1	Asam	*1	200 mL
26	Larutan Hidroklorida	1	Cairan	*1	400 mL
27	BaCl <sub>2</sub>	1	Padatan	*1	*4
28	FeCl <sub>3</sub>	1	Cairan	*1	1 L
29	pH 10	1	Basa	1999	300 mL
30	pH 10	1	Basa	1999	200 mL
31	pH 10	1	Basa	*1	100 mL
32	NaOH	1	Caiarn	*1	1 L

(lanjutan Lampiran 4)

No	Nama	Jumlah	Bentuk	Tanggal Kadaluaarsa	Volume Akhir**
33	<i>Ortho Phosporic Acid</i>	1	Cairan	2004	2,5 L
34	<i>Nessler Reagent</i>	2	Cairan	*1	500 mL
35	HCl	1	Asam	2005	200 mL
36	HCl	1	Asam	*1	250 mL
37	Asam Asetat	1	Asam	2004	2,5 L
38	Asam Asetat	1	Asam	*1	2,5 L
39	<i>Ferric Ion</i>	1	Cairan	*1	100 mL
40	Merkuri	1	Cairan	*1	200 mL
41	<i>Nessler</i>	1	Cairan	*1	500 mL
42	<i>Nessler</i> (rusak)	1	Cairan	1 Des 2012	300 mL
43	FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	1	Cairan	*1	250 gr
44	<i>Ferric Acid</i>	1	Cairan	*1	1L
45	Trikloroetana	2	Cairan	*1	473 mL
46	<i>Ethylene glikol</i>	1	Cairan	*1	1L
47	<i>Lactose broth (Gibco)</i>	1	Cairan	*1	455 gr
48	Gliserin	1	Cairan	*1	1L
49	Ammonium	1	Cairan	*1	500 gr
50	<i>Hydrochloric Acid</i>	1	Asam	*1	1 L
51	Brom	1	Cairan	*1	40 mL
52	HCl	1	*5	*5	*5
53	<i>Bromcresol Green-D</i>	3	*5	*5	*5
54	<i>Chlorphenol Red-D</i>	1	*5	*5	*5
55	<i>Cresol Red-B</i>	1	*5	*5	*5

Sumber: Laboran Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, 2011

Keterangan:

- \*1 Tidak ada tanggal kadaluarsa
- \*2 Tidak ada nomor katalog/lot
- \*3 Tidak tertera volume awal
- \*4 Tidak diketahui volume sisa
- \*5 Tidak ada keterangan (label rusak)
- \*\* Volume yang diketahui sampai dengan pengambilan data

Modul Praktikum dan Bahan Kimia yang Berpotensi menjadi Limbah di  
Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Anorganik

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
Kimia Dasar I	Pemurnian Zat	
	Kristalisasi dengan Penguapan dan Merubah Pelarut	Kristal Asam Salisilat, Serbuk $\text{CoCl}_2$ , Aseton
	Kristalisasi dengan Menurunkan Temperatur Larutan	$\text{KClO}_3$
	Keadaan Lewat Jenuh, Kristalisasi dengan "Seeding"	Kristal $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , Kristal Natrium Tiosulfat
	Kristalisasi dengan Reaksi Kimia	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	Kristalisasi dengan Cara Sublimasi	Naftalen, $\text{NaCl}$
	Kristalisasi Bertingkat	$\text{KNO}_3$ , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{HNO}_3$
	Pemisahan Zat	
	Destilasi Bertingkat	Larutan $\text{KMnO}_4$ , Larutan $\text{NH}_4\text{OH}$ , Larutan $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Larutan $\text{AgNO}_3$ , Larutan $\text{HNO}_3$ , Larutan $\text{BaCl}_2$ , Larutan $\text{HCl}$ , Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ , Larutan $\text{CH}_3\text{COOH}$
	Cara Ekstraksi Pelarut	Iod, Larutan $\text{CCl}_4$ atau $\text{CHCl}_3$
	Analisa Kapiler	Campuran $\text{Cu}$ dan $\text{Ni}$ nitrat dan $\text{NH}_4\text{OH}$ encer, Larutan Dithioamide
	Kromatografi Kertas	n-propanol, $\text{NH}_4\text{OH}$ pekat, Larutan $\text{Na}_2\text{S}$
	Kromatografi Lapisan Tipis	n-propanol, $\text{NH}_4\text{OH}$ pekat
	Kromatografi Kolom Pemisahan Daun	Petroleum Eter, Aseton, $\text{CHCl}_3$
	Kromatografi Kolom Pemisahan Zat Warna	n-propanol, $\text{NH}_4\text{OH}$ pekat
	Kromatografi Penukar Ion	Larutan $\text{AgNO}_3$ , Larutan $\text{NaCl}$ , Larutan $\text{HNO}_3$
	Energi dan Zat	
	Pembandingan Sifat Beberapa Senyawaan dengan Unsur-Unsur Komponennya	
	Perubahan Kimia Setelah Suatu Reaksi Reduksi Oksidasi	Larutan $\text{CuSO}_4$ , Logam $\text{Zn}$ , Larutan $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
	Kalor dan Perubahan Kimia	Larutan $\text{HCl}$ encer, Logam $\text{Zn}$ , Larutan $\text{NaCl}$ encer, Larutan $\text{AgNO}_3$ , Larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ encer, Larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , Larutan $\text{KNO}_3$ encer, Logam $\text{Zn}$
	Kekekalan Massa pada Suatu Perubahan Kimia	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{CaCl}_2$ , $\text{HCl}$
	Stoikiometri	
	Pengaruh Banyaknya Pereaksi yang Terbatas	Larutan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Larutan $\text{CaCl}_2$
	Hubungan antara Mol Pereaksi dengan Mol Produk	Larutan $\text{HCl}$ , Logam $\text{Mg}$

(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Wujud Zat	
	Penentuan Tetapan Gas dan Volume Molar	Hablur $\text{KClO}_3$ , Hablur $\text{MnO}_2$
	Difusi Metil Salisilat	Metil Salisilat
	Difusi Ammoniak dan Hidrogen Klorida	
	Kecepatan Difusi $\text{NH}_3$ dan $\text{HCl}$	Larutan $\text{NH}_4\text{OH}$ pekat, Larutan $\text{HCl}$ pekat
	Penguapan Zat Cair	Eter
	Difusi di Dalam Larutan	Kristal $\text{KMnO}_4$
	Penguapan Zat Padat	<i>p</i> -diklorobenzena ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ )
	Pembentukan Kristal Garam Dapur	Larutan $\text{NaCl}$
	Air Hidrat dari $\text{CuSO}_4$	$\text{CuSO}_4$
	Termokimia	
	Penentuan Tetapan Kalorimeter	
	Penentuan Kalor Reaksi $\text{Zn} + \text{CuSO}_4$	Larutan $\text{CuSO}_4$ , Serbuk $\text{Zn}$
	Penentuan Kalor Penetralan	Larutan $\text{HCl}$ , Larutan $\text{NaOH}$ , Larutan $\text{CH}_3\text{COOH}$
	Kalor Pelarutan Berbagai Zat	Larutan $\text{NaOH}$ , Larutan anhidrida $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , Larutan $\text{NaCl}$ , Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , Larutan anhidrida $\text{CaCl}_2$ , Larutan $\text{KI}$
	Larutan dan Sistem Koloid	
	Pengukuran Hantaran	Larutan Asam Klorida, Larutan Asam Asetat, Larutan Asam Fosfat, Larutan Asam Sulfat, Larutan $\text{NH}_4\text{OH}$ , Larutan $\text{NaOH}$ , Larutan $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , Etil Alkohol (anhidrat)
	Pembuatan Dispersi Koloid Kanji	Kanji, Larutan $\text{CaCl}_2$
	Turbiditas dan Konsentrasi Koloid	Larutan $\text{CaCl}_2$
	Tes Iod untuk Kanji	Pereaksi Iod
	Pembuatan Suatu Gel	Alkohol, Larutan Kalsium Asetat
	Dialisis	Larutan $\text{CaCl}_2$ , Koloid Kanji, Larutan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Larutan $\text{AgNO}_3$
Kimia Dasar II	Kinetika Kimia	
	Reaksi Cepat dan Reaksi Lambat	Larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M Larutan $\text{K}_2\text{CrO}_4$  Larutan $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,1 M Larutan $\text{H}_2\text{SO}_4$ 1 M Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,1 M Larutan $\text{MnSO}_4$ 0,1 M
	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Reaksi	Larutan $\text{KIO}_3$ 0,02 M Larutan $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 0,01 M yang diberi asam dan kanji



(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Keseimbangan Kimia	
	Keseimbangan Ion Kromat - Bikromat	Larutan $K_2CrO_4$ 1M Larutan $H_2SO_4$ 6 M Larutan NaOH 6 M
	Keseimbangan Asam Lemah dan Basa Lemah	Larutan $HC_2H_3O_2$ 0,1 M Indikator Metil Jingga Larutan $NaC_2H_3O_2$ Larutan $NH_4OH$ 0,1 M Indikator Fenolftalein Larutan $NH_4Cl$ 1 M Larutan HCl 6 M
	Keseimbangan Hidrolisis	$Na_2S$ , $BiCl_3$
	Keseimbangan pada Larutan Jenuh	Larutan $CaCl_2$ 1 M Larutan $Na_2SO_4$ 1 M
	Keseimbangan Ion Kompleks	Larutan $Fe(NO_3)_3$ 0,1 M Larutan KSCN 0,1 M Larutan NaOH 6 M
	Aplikasi Hukum Keseimbangan pada Analisa	Larutan $CaCl_2$ 0,1 M Larutan $H_2C_2O_4$ 0,5 M Larutan $(NH_4)_2C_2O_4$ 0,25 M  Larutan HCl 6 M Larutan $NH_4OH$ 6 M Larutan $Cu(NO_3)_2$ 0,1 M Larutan $NH_4OH$ 1 M Larutan $MgCl_2$ 1 M $NH_4Cl$ padat Larutan NaOH 6 M
	Keseimbangan Asam Basa	
	Kekhasan Warna Beberapa Indikator	Larutan Standar HCl 0,01 M Larutan NaOH 0,01 M Indikator Metil Jingga Indikator Fenilftalein Indikator Brom Timol Biru Indikator Alizarin Kuning Indikator Metil Merah Indikator Brom Kresol Hijau

(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Pengukuran pH dengan pH-meter	
	Penelitian pH Berbagai Zat	Larutan Cuka Amoniak NaHCO <sub>3</sub> (soda kue) larutan 10% Asam Salisilat Larutan Ca(OH) <sub>2</sub> 0,2 M Larutan Mg(OH) <sub>2</sub> jenuh Larutan FeCl <sub>3</sub> 0,1 M Larutan AlCl <sub>3</sub> 0,1 M Larutan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0,1 M Larutan CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> 0,1 M
	Perubahan pH pada Larutan Tanpa Buffer	Larutan HCl 0,0001 M Larutan NaOH 0,0001 M Indikator Fenilftalein Indikator Brom Timol Biru Indikator Brom Kresol Hijau
	Perubahan pH pada Larutan dengan Buffer	Larutan Buffer H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Larutan Buffer HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> dan C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> <sup>-</sup> Larutan Buffer NH <sub>4</sub> OH dan NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Larutan HCl 1 M
	Elektrokimia	
	Reaksi Reduksi - Oksidasi	Logam Cu, Zn, Pb, Larutan Zn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> Larutan FeCl <sub>3</sub> 0,1 M, Kristal KMnO <sub>4</sub> , Larutan KBr 0,1 M, Larutan KI 0,1 M, Larutan CCl <sub>4</sub> , Larutan K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> , Larutan HCl 6 M
	Sel Elektrokimia	Larutan CuSO <sub>4</sub> 0,2 M, Larutan ZnSO <sub>4</sub> 0,2 M, Logam Cu, Zn Larutan NH <sub>4</sub> OH 6 M, Lembaran Sn
	Sel Elektrolisa	Larutan KI 0,25 M Larutan CHCl <sub>3</sub> Larutan FeCl <sub>3</sub> 0,1 M Indikator Fenolftalein
	Unsur-Unsur Logam	
	Logam	Logam Fe, Sn, Pb, Cu, Mg, Al, Zn Na Larutan HCl 1 M; 12 M Larutan CuCO <sub>4</sub> 0,1 M Larutan FeSO <sub>4</sub> 0,1 M

(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Senyawaan Logam	ZnO, CuO Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3 M, larutan KOH Indikator Fenolftalein Larutan Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M Larutan KI 0,1 M
	Senyawaan Koordinasi	Larutan Jenuh CuCO <sub>4</sub> , Larutan, NH <sub>4</sub> OH pekat, Larutan Etanol 95%, Larutan CuSO <sub>4</sub> 0,1 M, Larutan HCl pekat, Etilen Diamin, Asam Askorbat, Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> 0,1 M, Larutan 1,10-fenantrolin, Larutan Asam Tartrat, Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M, Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M, NaOH 0,1 M, KCN 1 M, Na <sub>2</sub> S 0,1 M, Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M, Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M, Larutan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3%, Larutan (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S, Larutan Jenuh NH <sub>4</sub> CNS dalam etanol, NaF
Pendahuluan Kimia Analisis Kualitatif		
	Identifikasi Kation	Larutan AgNO <sub>3</sub> 0,1 M Larutan NaCl 0,1 M Larutan HCl Larutan NH <sub>4</sub> OH 6 M Larutan HNO <sub>3</sub> 6 M Larutan Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M Larutan K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> 1 M Larutan NaOH 6 M Larutan Hg <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,06 M Larutan Al <sup>3+</sup> 0,1 M Pereaksi Ammonium Aurin Trikarboksilat Larutan Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M Larutan Tioasetamida 1 M Larutan Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> 6 M NH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> 3 M Larutan Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,1 M Larutan Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 0,1 M Larutan NaNO <sub>3</sub> 0,1 M Larutan KNO <sub>3</sub> 0,2 M Larutan NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 0,1 M

(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Identifikasi Anion	Larutan NaCl 1 M Larutan AgNO <sub>3</sub> 0,1 M Larutan NH <sub>4</sub> OH 6 M Larutan HNO <sub>3</sub> 6 M Larutan NaI Larutan HCl 6 M Larutan FeCl <sub>3</sub> 0,1 M Larutan CCl <sub>4</sub> Larutan NaBr Larutan Na <sub>2</sub> S Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> Larutan Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,1 M Larutan BaCl <sub>2</sub> 0,1 M Larutan NaNO <sub>3</sub> Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3 M Larutan FeSO <sub>4</sub> Larutan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Larutan HCl 6 M Larutan Ba(OH) <sub>2</sub> 1 M Larutan Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 0,1 M Larutan HNO <sub>3</sub> 6 M Larutan (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MnO <sub>3</sub>
	Identifikasi Garam	
	Pendahuluan kimia Analisis Kuantitatif	
	Penentuan Kadar Asam yang Tidak Diketahui  Penentuan Kadar Asam dari Sari Buah  Penentuan Kadar Basa di Dalam Obat Sakit Lambung atau Soda	Asam Oksalat  Larutan NaOH Indikator Fenolftalein Larutan Baku NaOH Asam Oksalat/HCl  Indikator Metil Jingga
	Ikatan Kovalen (Senyawa Karbon)	
	Hidrokarbon	Sikloheksana Sikloheksena Toluena CHCl <sub>3</sub> Larutan 5% Brom dalam CCl <sub>4</sub> Etil Alkohol Larutan KMnO <sub>4</sub> 2% Terpentin Naftalena Paraffin Wax

(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Alkohol dan Fenol	Isopropilalkohol Etilenglikol Gliserol Aseton n-butilalkohol Chromic Anhydride-Sulfuric Acid (CrO <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) Larutan KMnO <sub>4</sub> 2% Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pekat Fenol p-kresol Eugenol Larutan FeCl <sub>3</sub> 1%
	Aldehida dan Keton	Benzaldehida Vanilin Kamfer Diasetil (2,3-butadien) Larutan Formaldehida Pereaksi Fehling Aseton Larutan AgNO <sub>3</sub> 5% Larutan NaOH 10% Larutan NH <sub>4</sub> OH 2%
	Asam Karboksilat dan Ester	Larutan Asam Asetat Pekakt Isopentil (Isoamil) Alkohol Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pekat Etil Butirat Metil Salisilat Larutan NaOH 10% Larutan HCl 10% Asam Karboksilat
	Amina dan Amida	n-propilamina n-butilamina Amoniak Etilamina Asetamida Larutan HCl pekat Anilina

(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Pendahuluan Biokimia	
	Karbohidrat	Glukosa Laktosa Fruktosa Sukrosa Maltosa Kanji Larutan Karbohidrat Pereaksi Fehling Larutan Iod encer Larutan HCl pekat Larutan NaOH 10% Pereaksi Molisch Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pekat Larutan Disakarida yang Tidak Mereduksi Setosa 2%
	Lipida	Lechitin Asam Stearat Asam Oleat Lanolin Larutan C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
	Protein dan Asam Amino	Larutan Gelatin 1% Larutan Alanin 1% Larutan Jenuh Tirosin Larutan Asam Glutamat 1% Larutan NaOH 10% Larutan CuSO <sub>4</sub> 0,5% Larutan Ninhidrin 0,2% Larutan Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 1% Larutan HCl 0,1 M Larutan NaOH 0,1 M Indikator Fenolftalein
	Enzima	Larutan Saliva-Kanji Larutan Iod
Sintesis Senyawa Koordinasi	Sintesis Kompleks [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cl]Cl <sub>2</sub> dari [Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] melalui [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> ]NO <sub>3</sub>	
	Kinetika dan Laju Reaksi Substitusi dari Kompleks Inert (Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cl) <sup>2+</sup> dalam air	
	Pembuatan Garam Kompleks Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> SO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	
	Pembuatan Kompleks Inti Ganda Bis (Kloroasetato) Tembaga (II)	
	Pembuatan Senyawa Kompleks Inti Ganda Hg(SCN) <sub>4</sub> Co	

(lanjutan Lampiran 5)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Pembuatan Kalium Trioksalato Ferat (III)	
	Penentuan Komposisi dan Kestimbangan Ion Kompleks dalam Larutan dengan Metode Job	
	Konstanta Pembentukan Spesi Kompleks Nikel Glisinat, $\text{Ni}(\text{glisinat})_2^{(2-n)}$	
Kimia Logam dan Non-Logam	Pembuatan Natrium Peroksoborat	
	Reaksi Spontan $\text{CrO}_3$ pada Temperatur Tinggi	
	Membuat Garam Rangkap	
	Pembuatan dan Pemurnian Kalium Iodat	
	Penentuan Konstanta Kestimbangan Ion Tri-Iodida	
	Garam Asam $\text{K}_x\text{H}_y(\text{C}_2\text{O}_4)_z$ yang Kompleks dari $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	
	Pembuatan dan Pemurnian Kalium Bikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )	
	Pemisahan Kompleks secara Penukar Ion	

Sumber: Tim KBI Kimia Dasar (2005), Tim KBI Anorganik (2005, 2011)

Modul Praktikum dan Bahan Kimia yang Berpotensi menjadi Limbah di  
Laboratorium Kimia Analisis Dan Kimia Fisik

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
Analisa Instrumentasi	Spektroskopi Serapan Ultra Violet	Benzena Sikloheksana p-Xylena o-Xylena Diphenil Etanol Absolut Larutan Asam Askorbat (Vitamin C) Larutan $\alpha$ -tocopherol (Vitamin E)
	Spektroskopi Serapan dalam Daerah Tampak	Larutan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ Larutan $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$
	Spektroskopi Daerah Infra Merah	Benzen Normal Butil Asetat Nujol Benzoin Benzyl Pelarut $\text{CCl}_4$
	Spektroskopi Resonansi Magnetik Nuklir (NMR)	$\text{CDCl}_3$ $\text{CCl}_4$ TMS (Tetra Metil Silant) Sampel Bensin-Premium Metanol, Etanol absolut, Propanol, Isopropanol, n-Butanol, Tert-Butanol, Benzena, Toluena, Benzil alkohol, Aseton, Eter, Asam Asetat, Aset Aldehida, Etil Klorida, Etil Bromida, Etil Iodida



(lanjutan Lampiran 6)

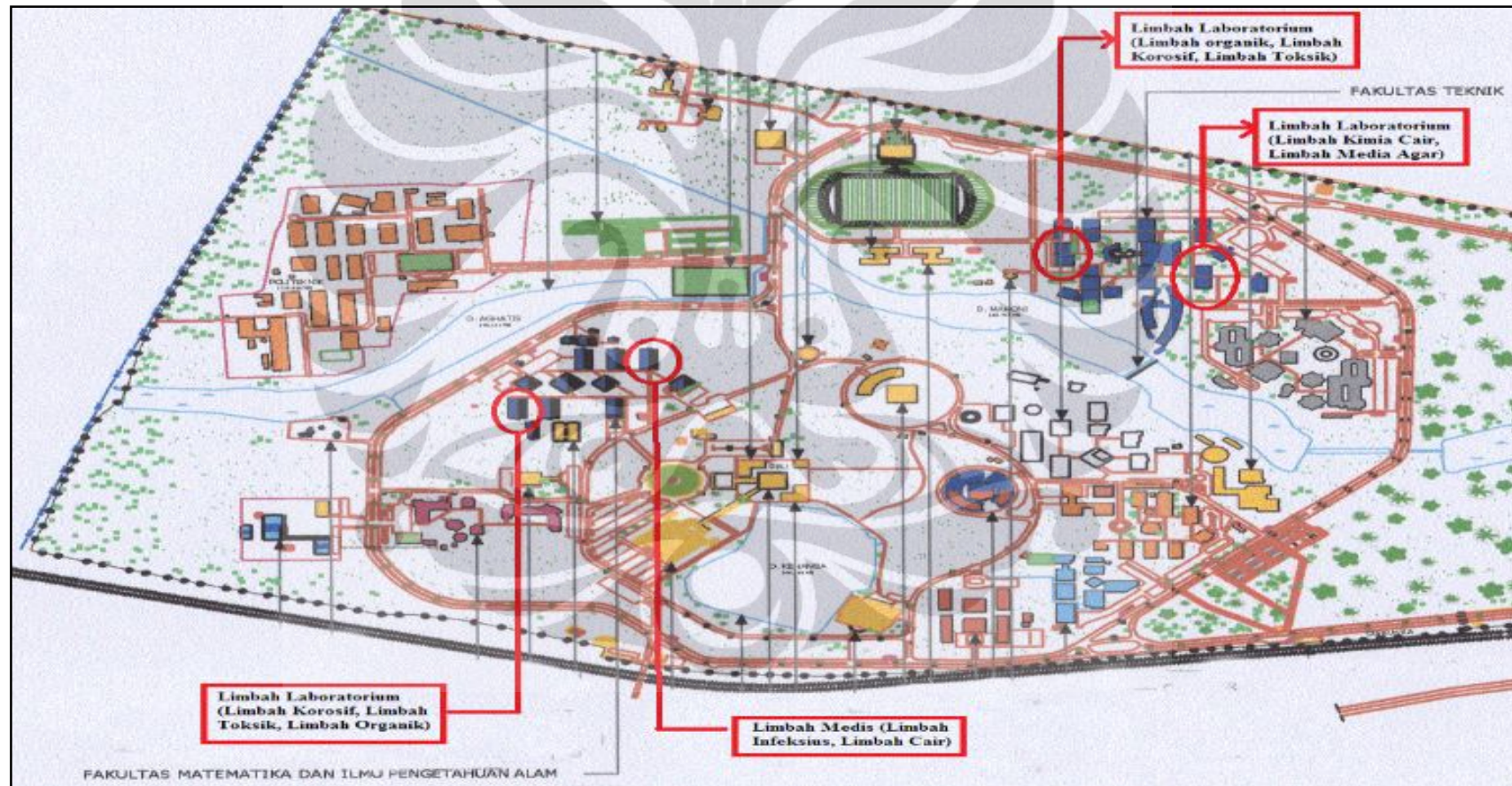
Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Spektrofotometri Fluorescence	Quinine/Quinine Sulfat Dihidrat Asam Sulfat Sampel Obat Asetil Salisilat, Asam Salisilat, Tablet Aspirin Kloroform, Asam Asetat Asam Bensoat
	Spektroskopi Serapan Atom	Larutan Standar Logam Fe Larutan HNO <sub>3</sub> pekat Larutan Standar Ca Larutan EDTA Larutan Fosfat Larutan Baku Sr Larutan Baku K Larutan HCl pekat H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30%
	Kromatografi Gas	Etanol , Metanol, Propanol, Butanol
	High Performance Liquid Chromatography	Kafein Standar, Pelarut campuran metanol
Analisis Anorganik Kualitatif	Pemisahan Kation Golongan Perak (Gol.I)	HCl 1 M; 6 M NH <sub>4</sub> OH encer H <sub>2</sub> S NH <sub>4</sub> Cl CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> KI HNO <sub>3</sub> encer
	Pemisahan Kation Golongan Tembaga-Arsen (Gol.II)	NH <sub>4</sub> Cl NH <sub>4</sub> OH H <sub>2</sub> S Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> HCl 6 M
	Pemisahan Kation Sub-Golongan Tembaga	HCl 6 M NH <sub>4</sub> Cl (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> HNO <sub>3</sub> 6 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pekat NH <sub>4</sub> OH pekat 15 M NH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> KCN H <sub>2</sub> S Na <sub>2</sub> SnO <sub>2</sub>

(lanjutan Lampiran 6)

Nama Praktikum	Nama Modul	Bahan Kimia yang Digunakan
	Pemisahan Kation Sub-Golongan Arsen	
	Pemisahan Kation Golongan Nikel-Besi (Gol.III)	
	Pemisahan Kation Golongan Barium (IV)	
	Pemisahan Kation Golongan Alkali (Gol.V)	
	Pembuatan Larutan untuk Peny. Anion	
	Pembagian Golongan pada Anion	
	Uji Spesifik untuk Anion	
Analisis Anorganik Kuantitatif	Titrasi Netralisasi	
	Titrasi Redoks	KMnO <sub>4</sub> Lar. KNO <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Natrium tiosulfat Lar. KMnO <sub>4</sub> Lar. CuSO <sub>4</sub> Lar. KI Lar. Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Indikator kanji
	Titrasi Pengendapan	Lar. AgNO <sub>3</sub> NaCl padat Lar. Sampel KBr Lar. K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> 0,1 M Indikator eosin CH <sub>3</sub> COOH Lar. AgNO <sub>3</sub> Indikator fluorescein (adsorpsi)
	Titrasi Kompleksometri	Lar. EDTA 0,01 N Lar. Buffer pH 10, pH 12 Lar. MgCl <sub>2</sub> Indikator EBT dan Maurexide Lar. KCN
	Analisis Gravimetri	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .NiSO <sub>4</sub> 6H <sub>2</sub> O murni HCl 1:1 Lar. Dimetilglioksima 1% Lar. Ammonia encer K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> atau (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Lar. BaCl <sub>2</sub> 5% (5 gr BaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O dalam 100 ml air)
	Spektroskopi Serapan dalam Daerah Tampak	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Analisis Serempak Campuran Berkomponen Dua	Lar. Cr(III) Lar. Co(II)	

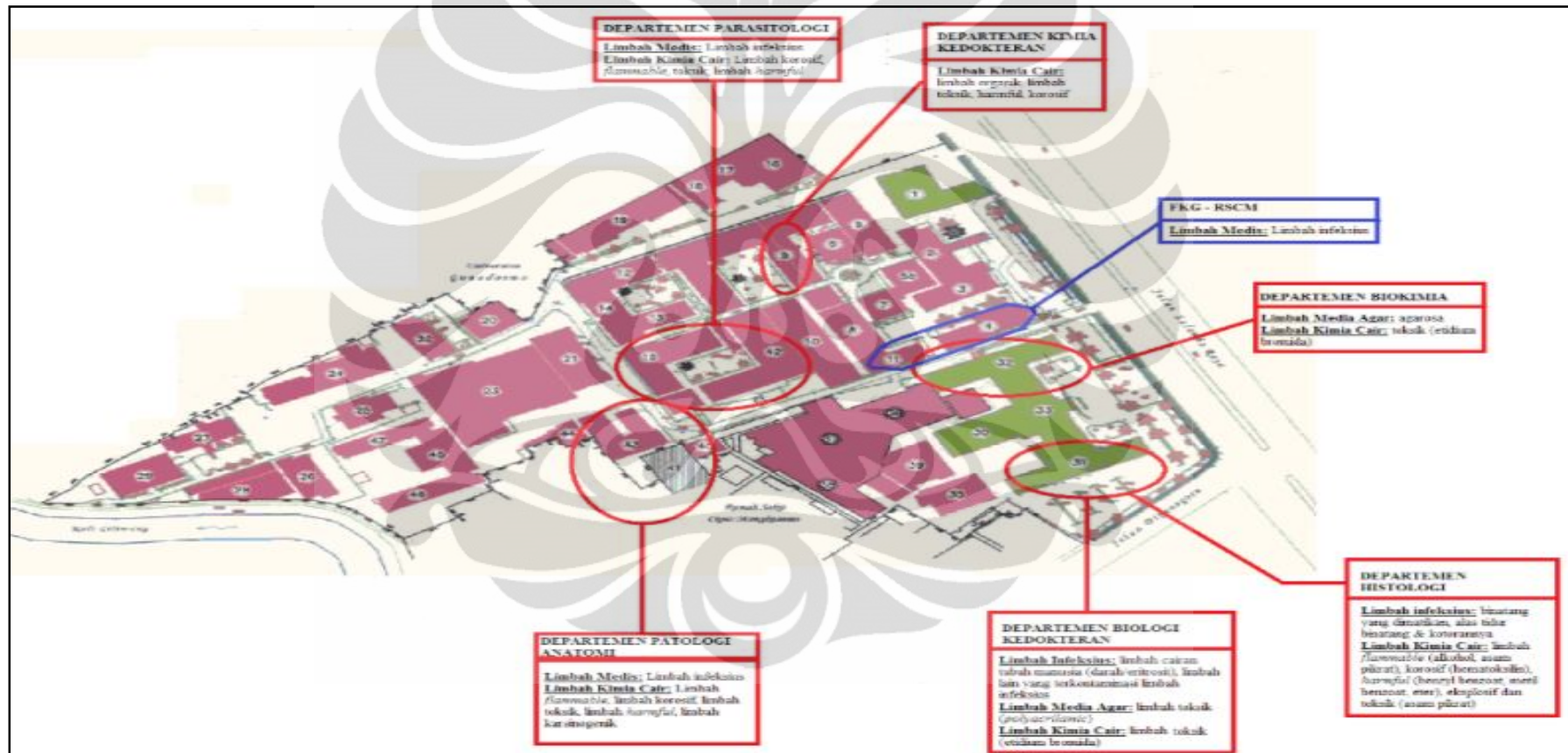
Sumber: Tim KBI Analitik (2000, 2009)

Peta Timbulan Limbah B3 di Universitas Indonesia, Depok



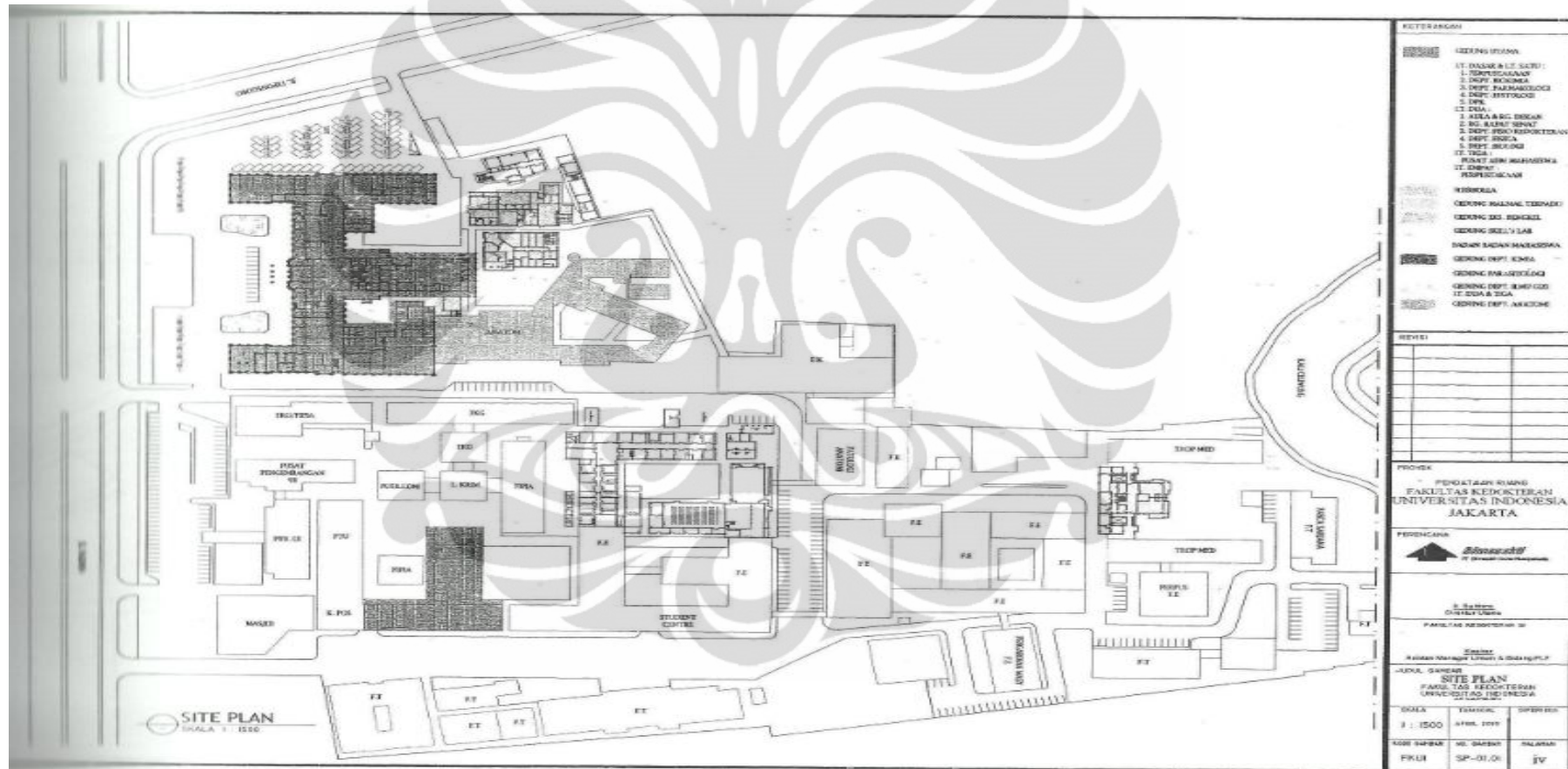
Sumber: <http://ui.ac.id> yang telah diolah, 2011

Peta Timbulan Limbah B3 di Universitas Indonesia, Salemba



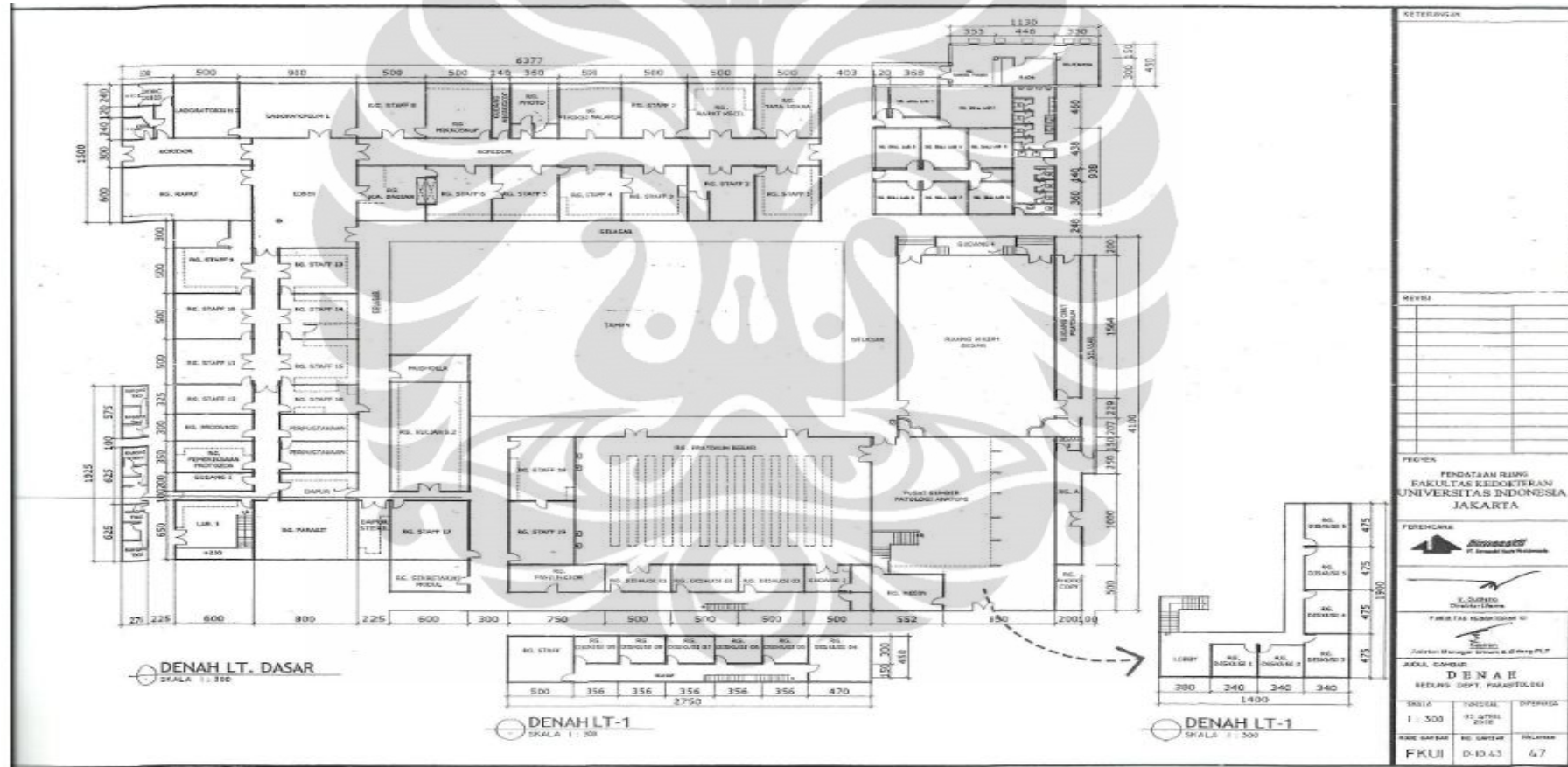
Sumber: <http://ui.ac.id> yang telah diolah, 2011

Denah Tampak Atas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia



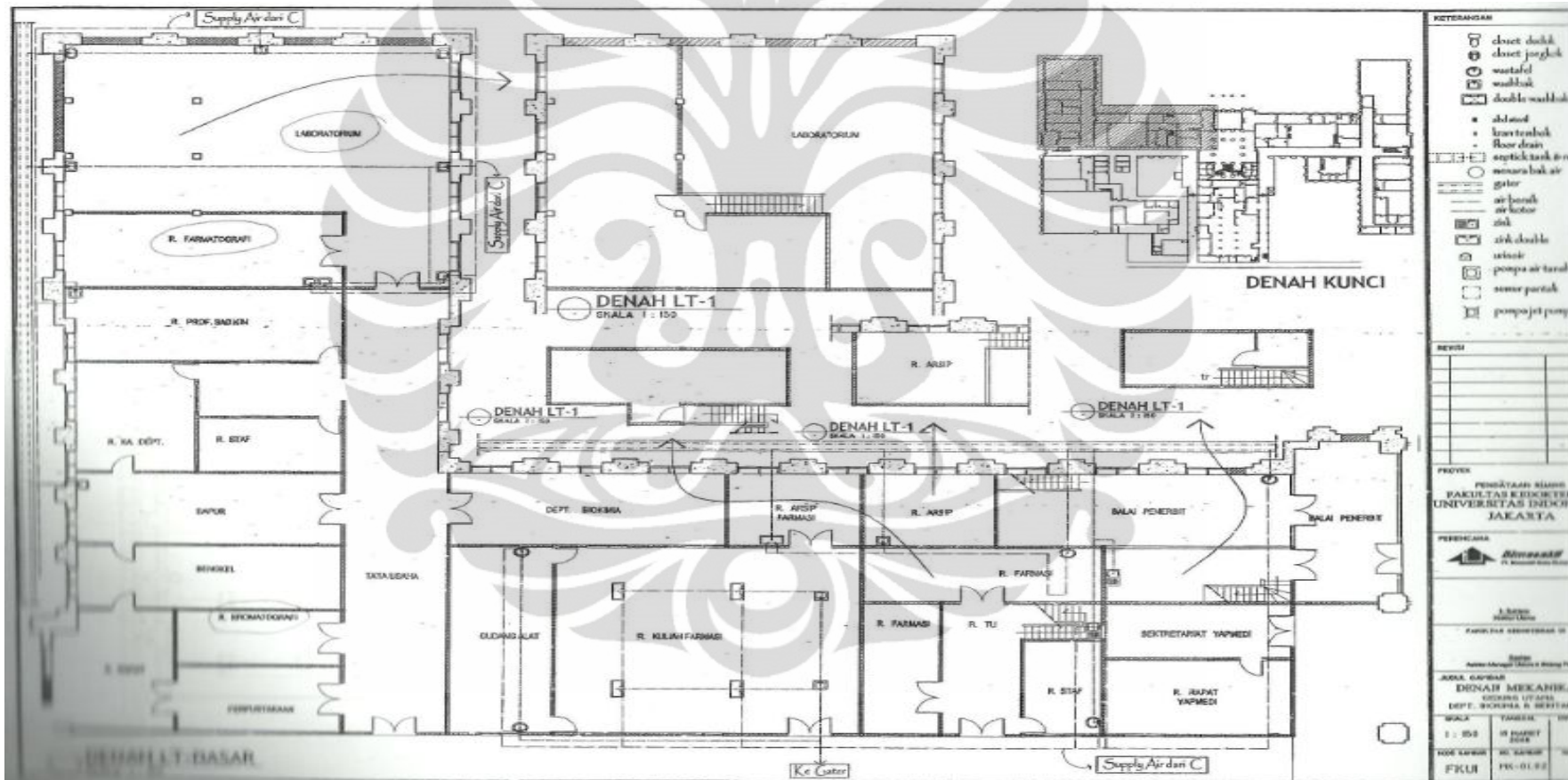
Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

Denah Tampak Atas Departemen Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia



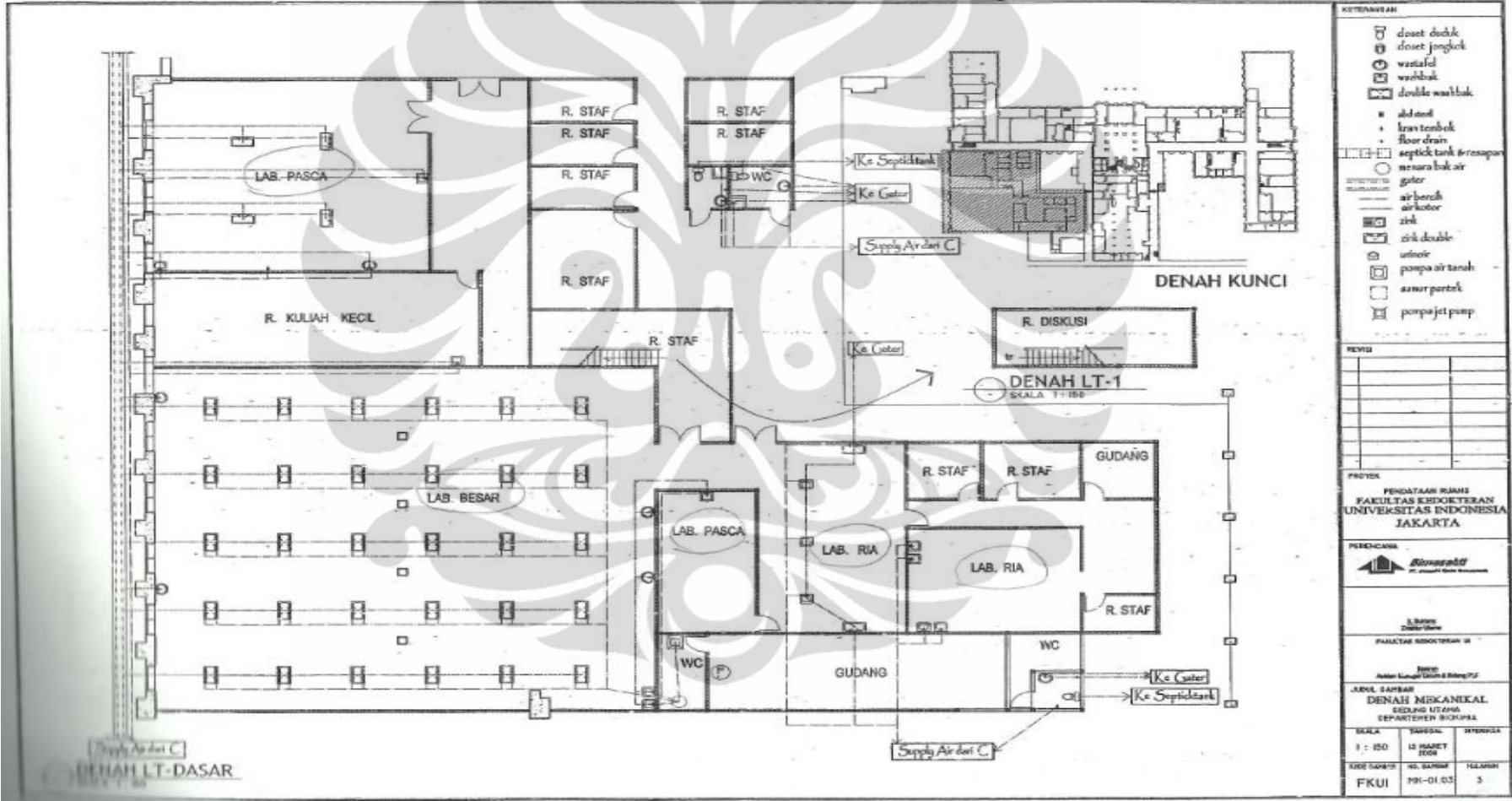
Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

Denah Tampak Atas Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia



Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

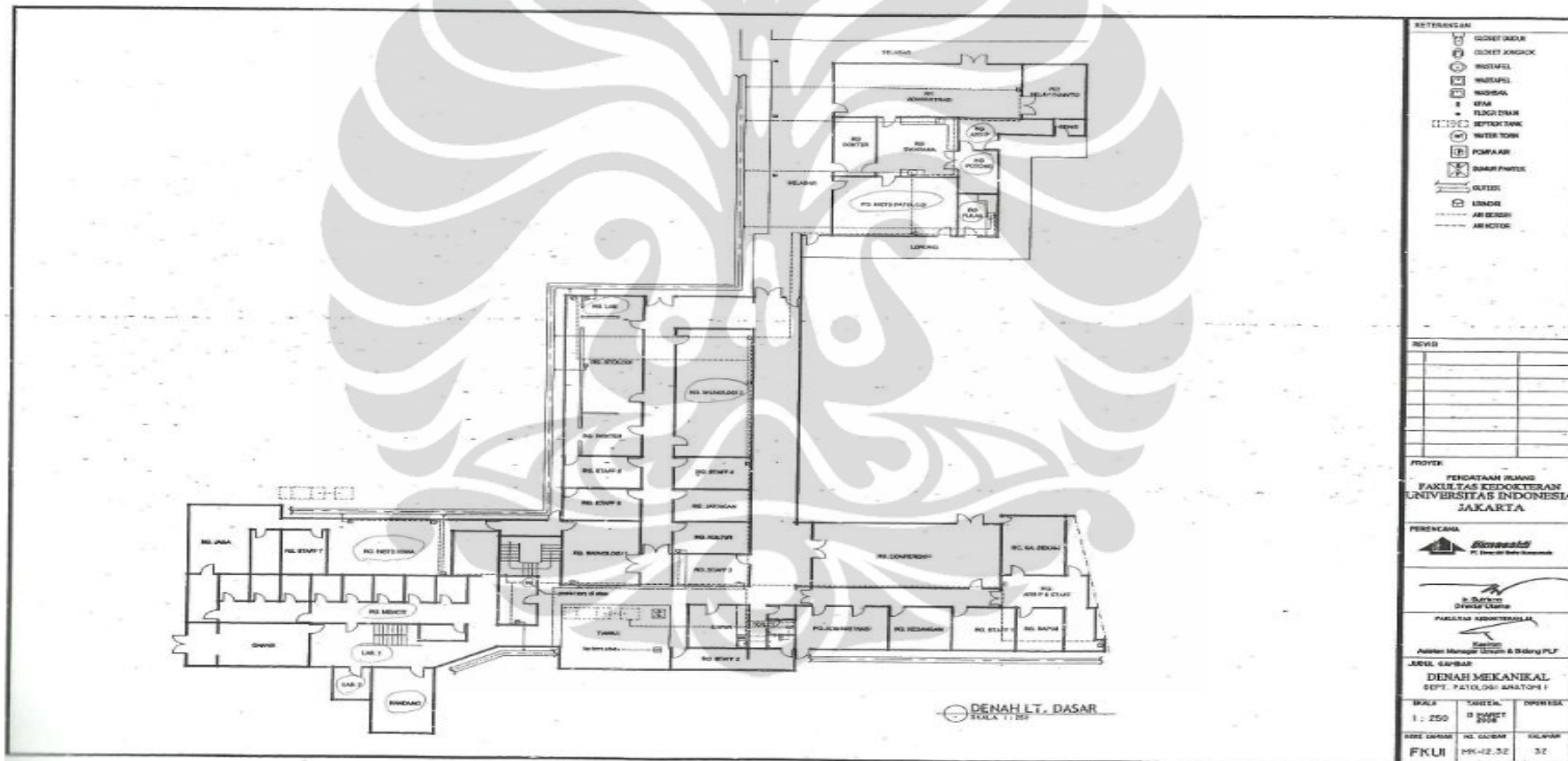
(lanjutan Lampiran 11)



Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011



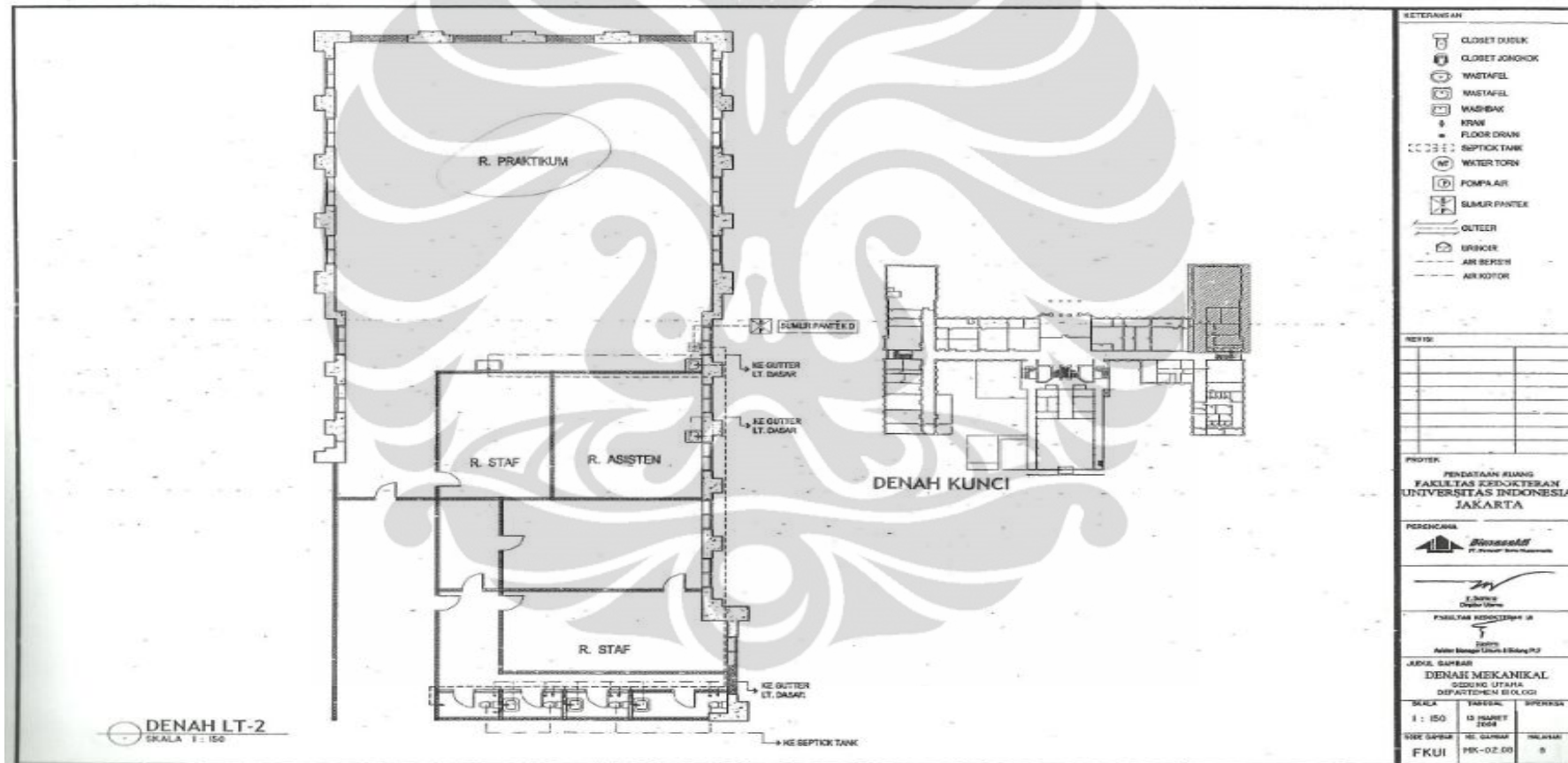
Denah Tampak Atas Departemen Patologi Anatomik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia



Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

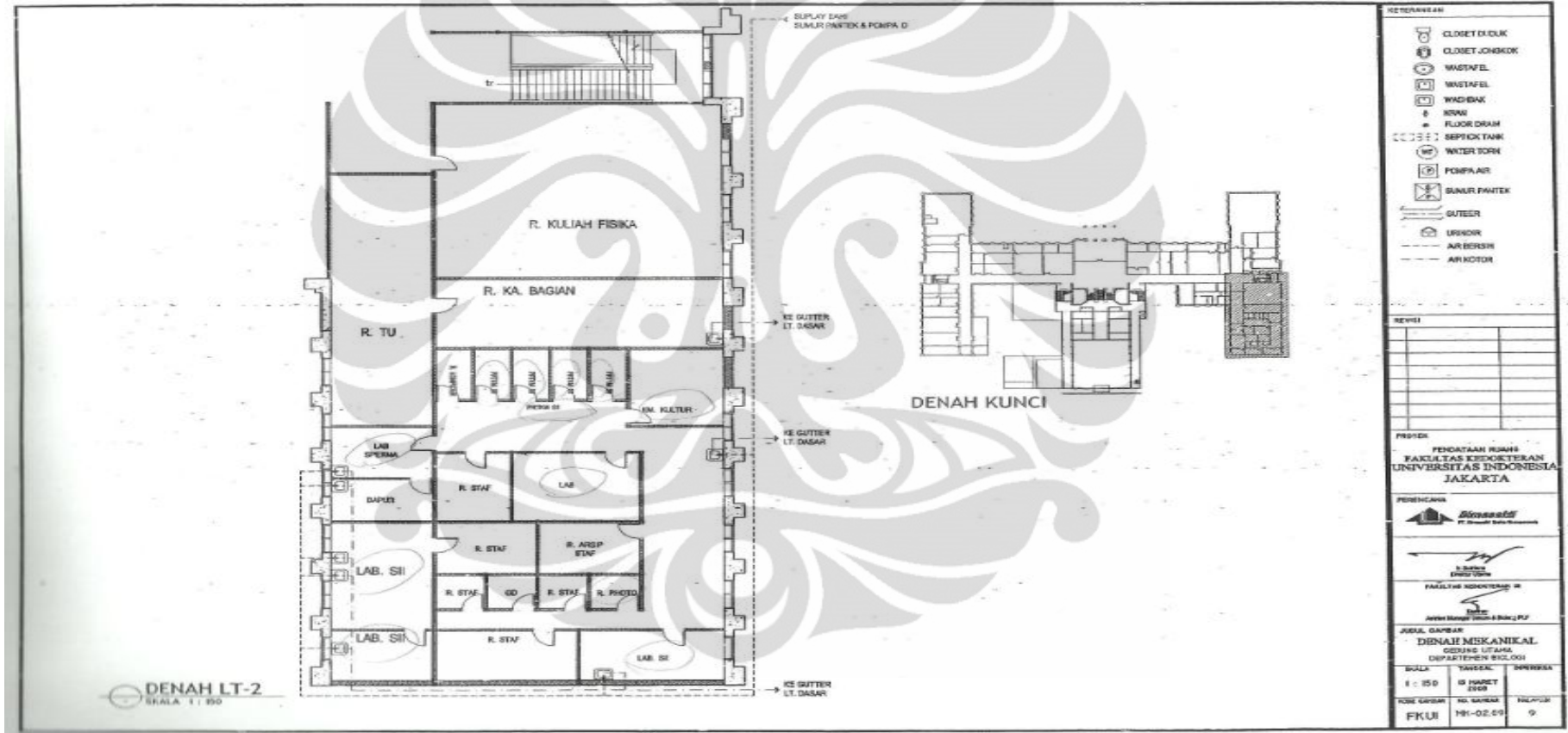


Denah Tampak Atas Departemen Biologi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia



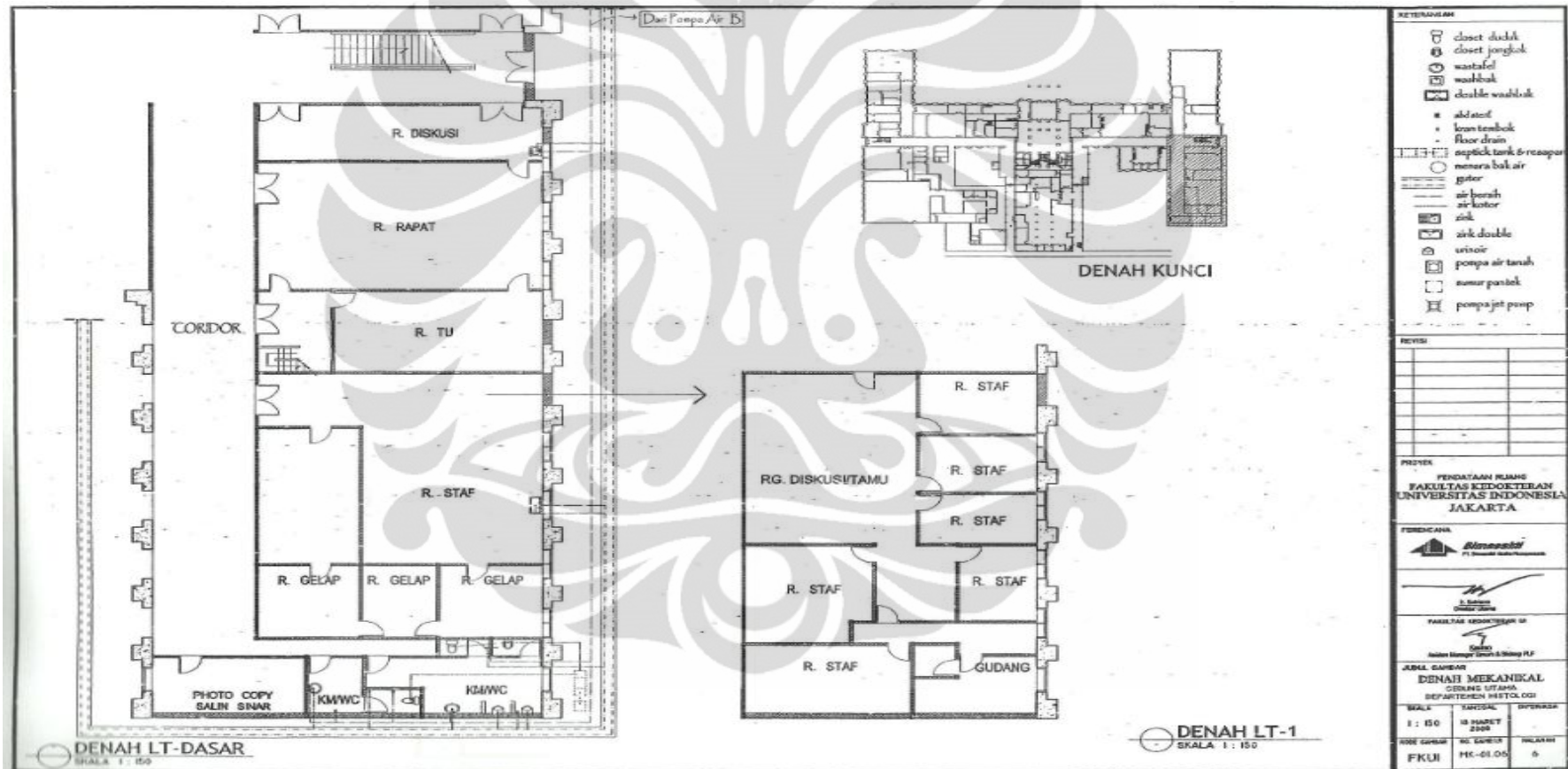
Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

(lanjutan Lampiran 14)



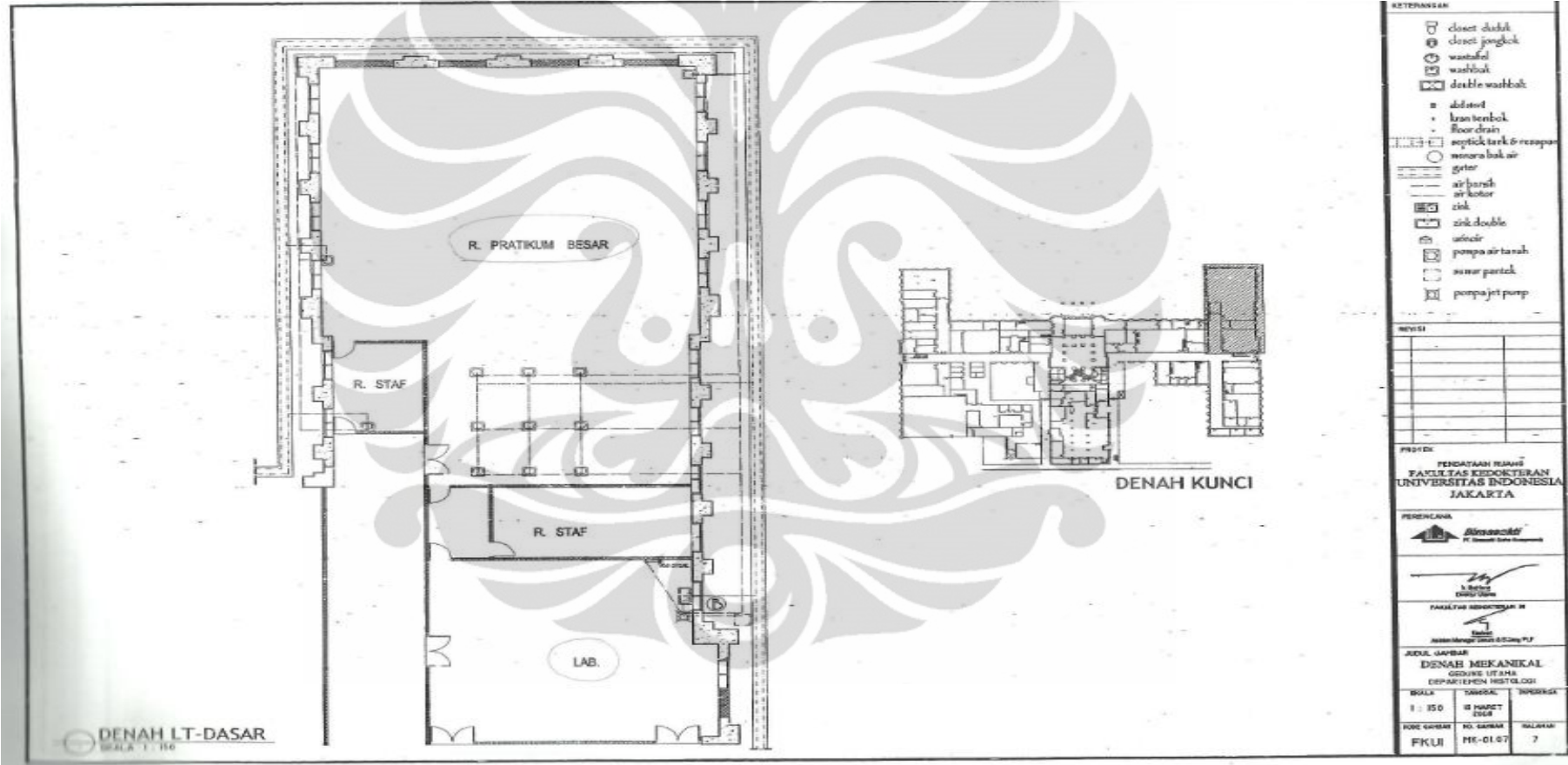
Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

Denah Tampak Atas Departemen Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia



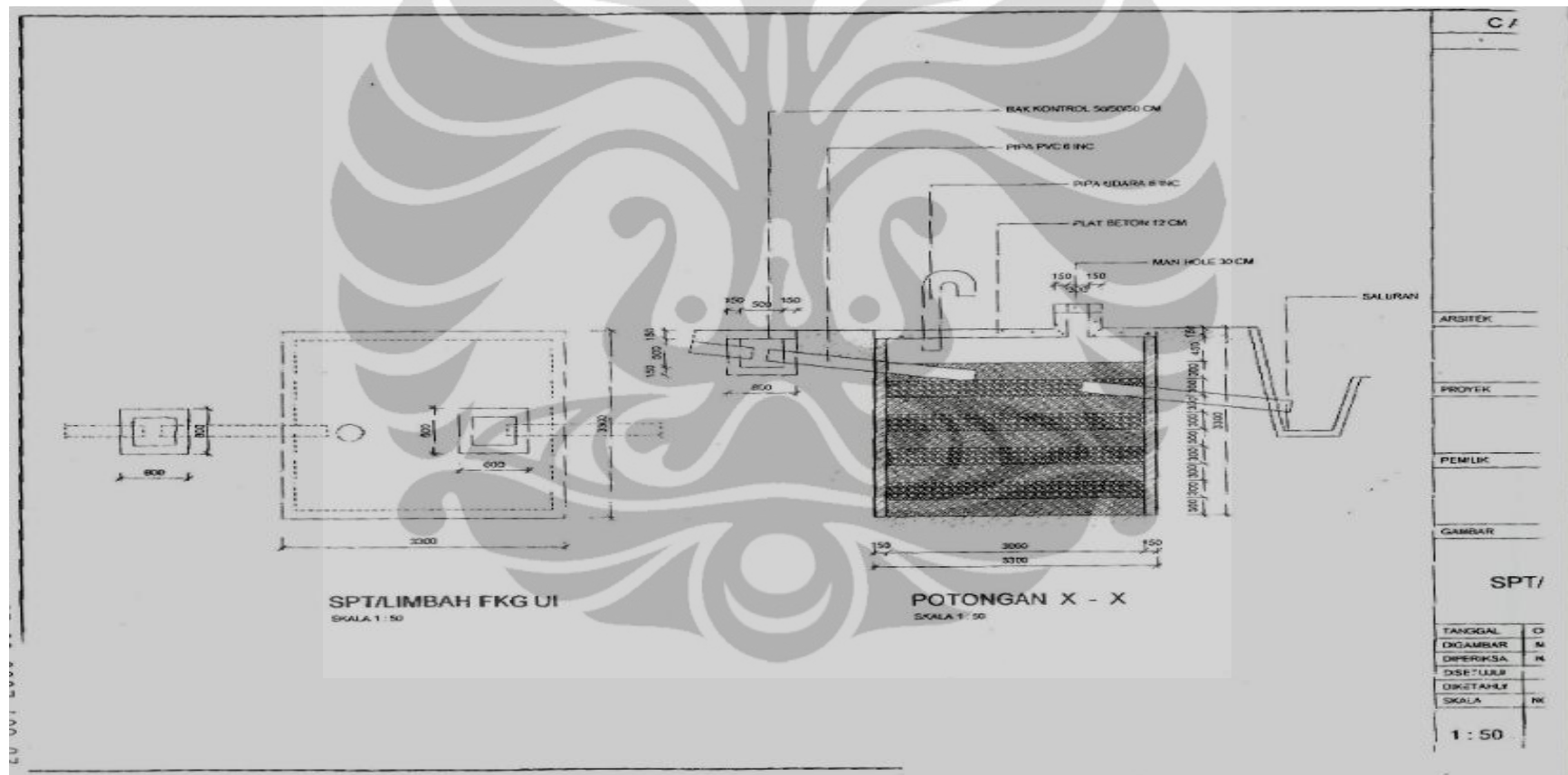
Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

(lanjutan Lampiran 15)



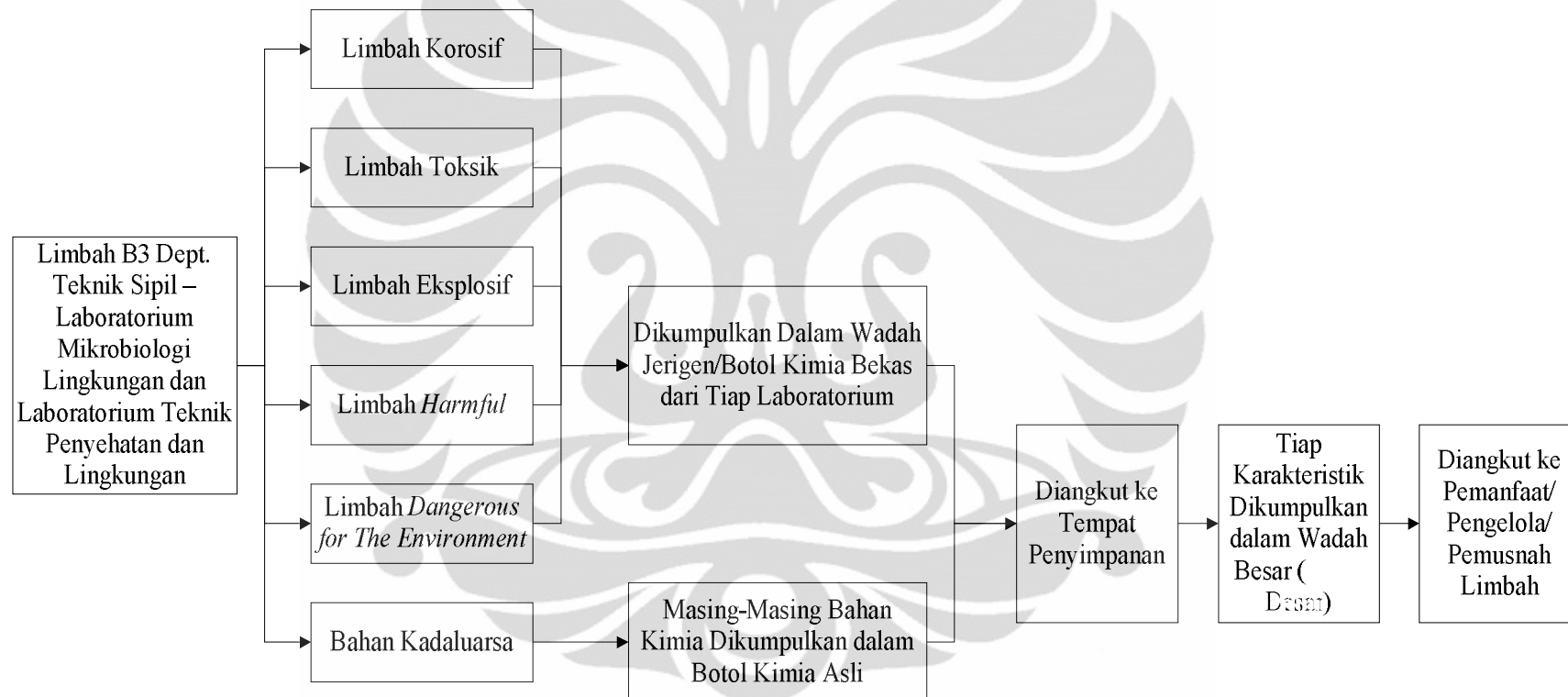
Sumber: Bagian Fasilitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011

Denah dan Detail Sumur Penampungan Limbah Cair Fakultas Kedokteran Gigi – Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan Universitas Indonesia



Sumber: Asni Amalia, SE, Asisten Direktur RSGMP FKGUI, 2011

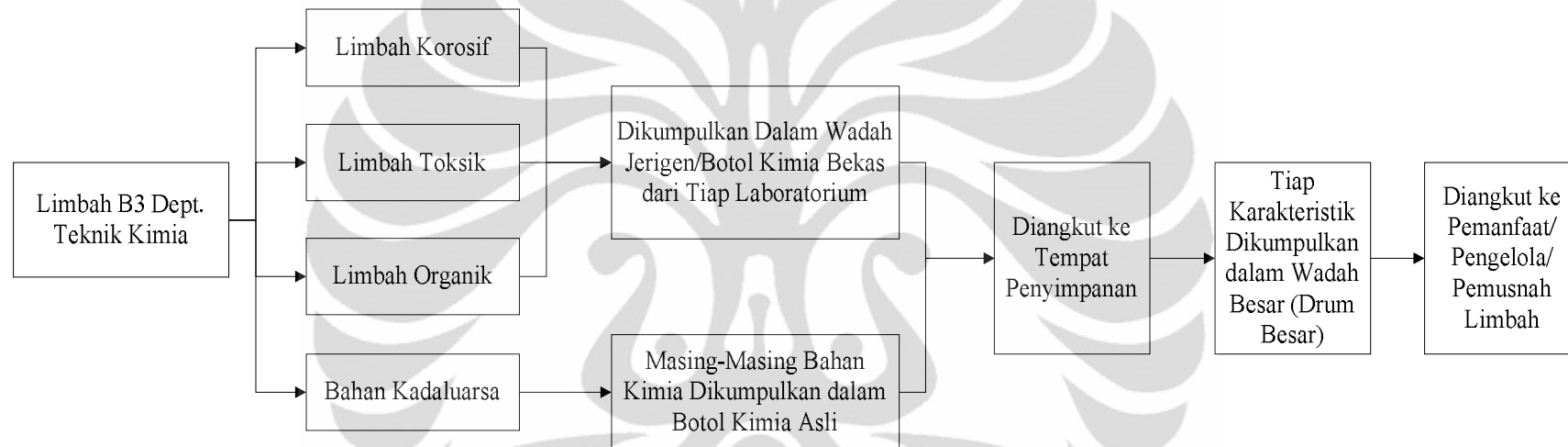
Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Teknik Sipil



Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

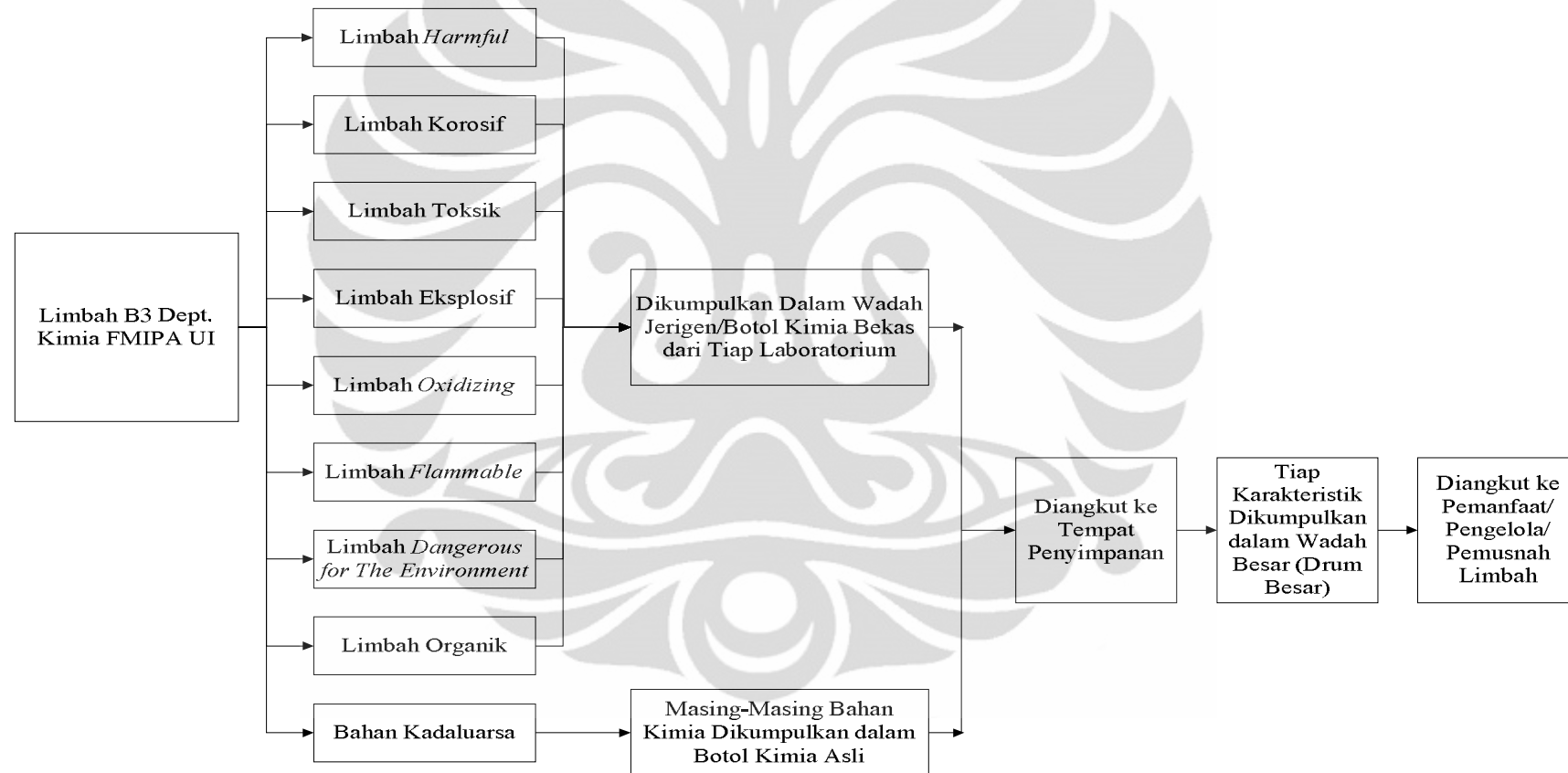


Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Teknik Kimia



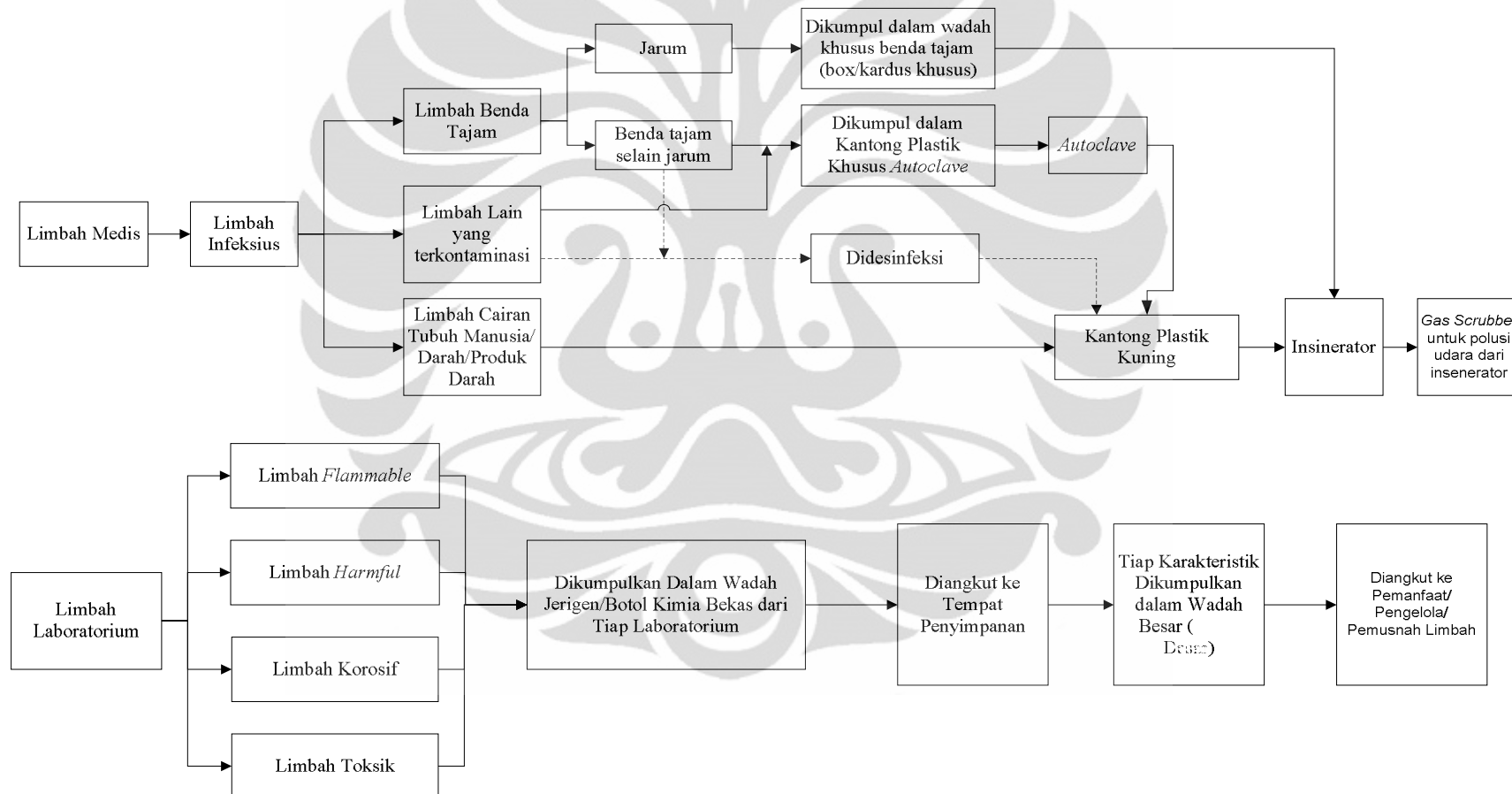
Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Kimia



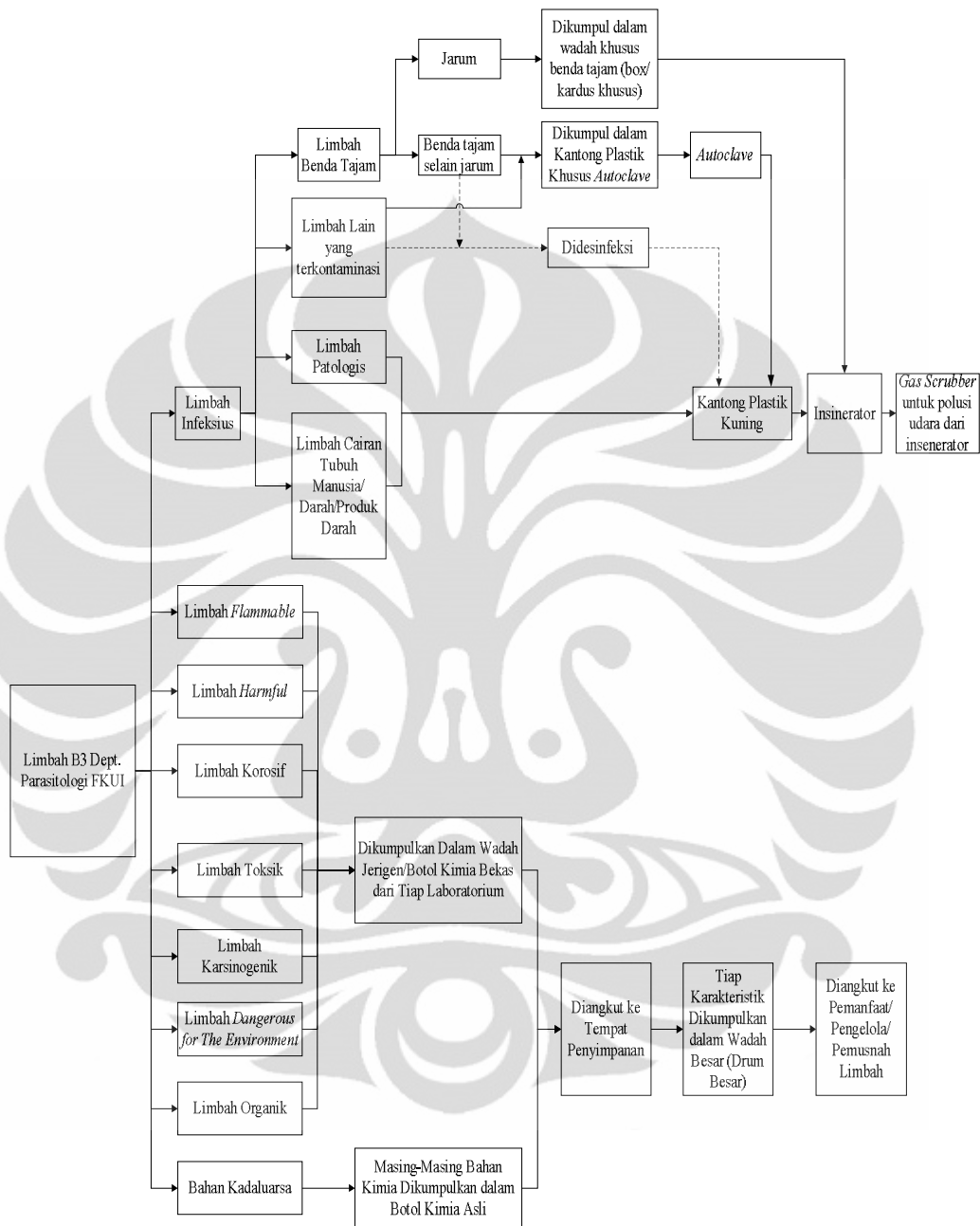
Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Farmasi



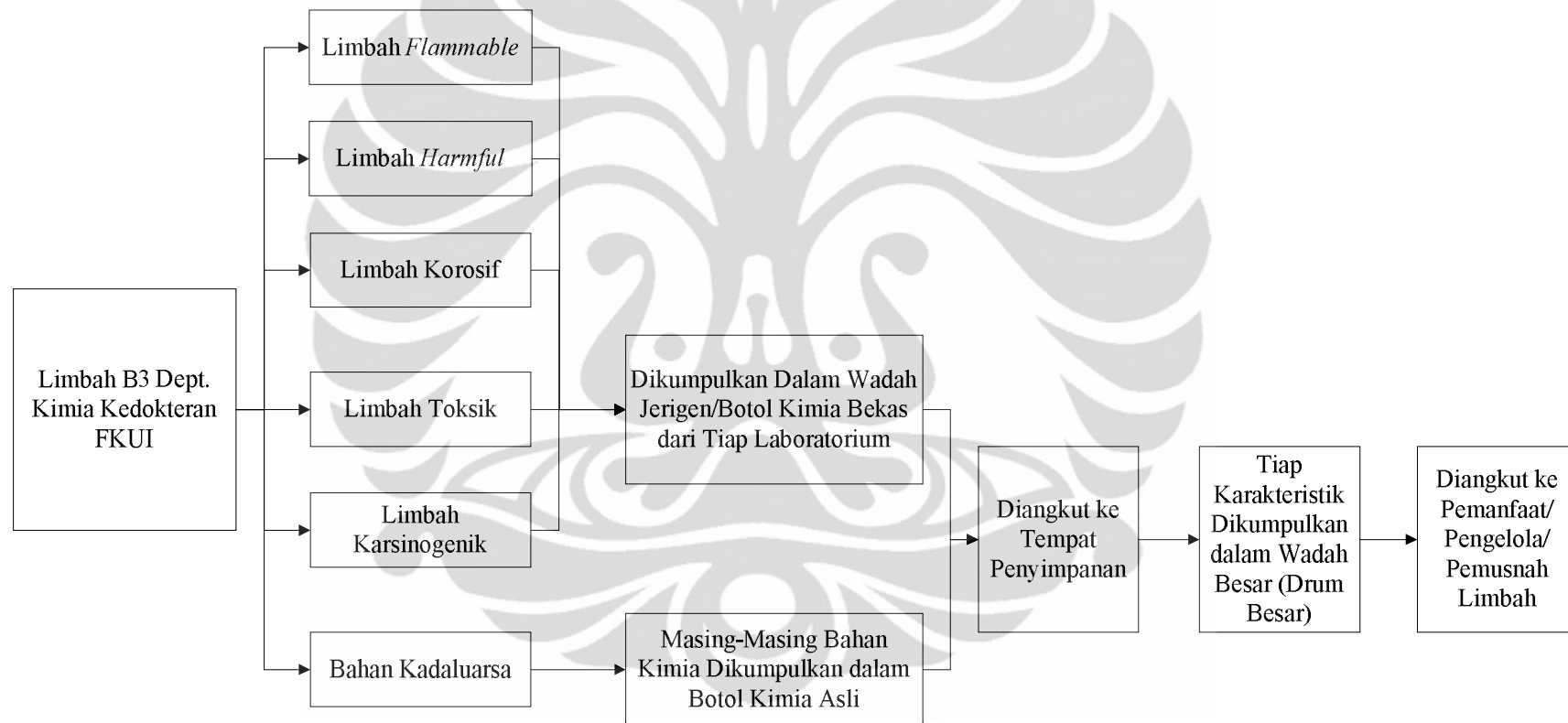
Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Parasitologi



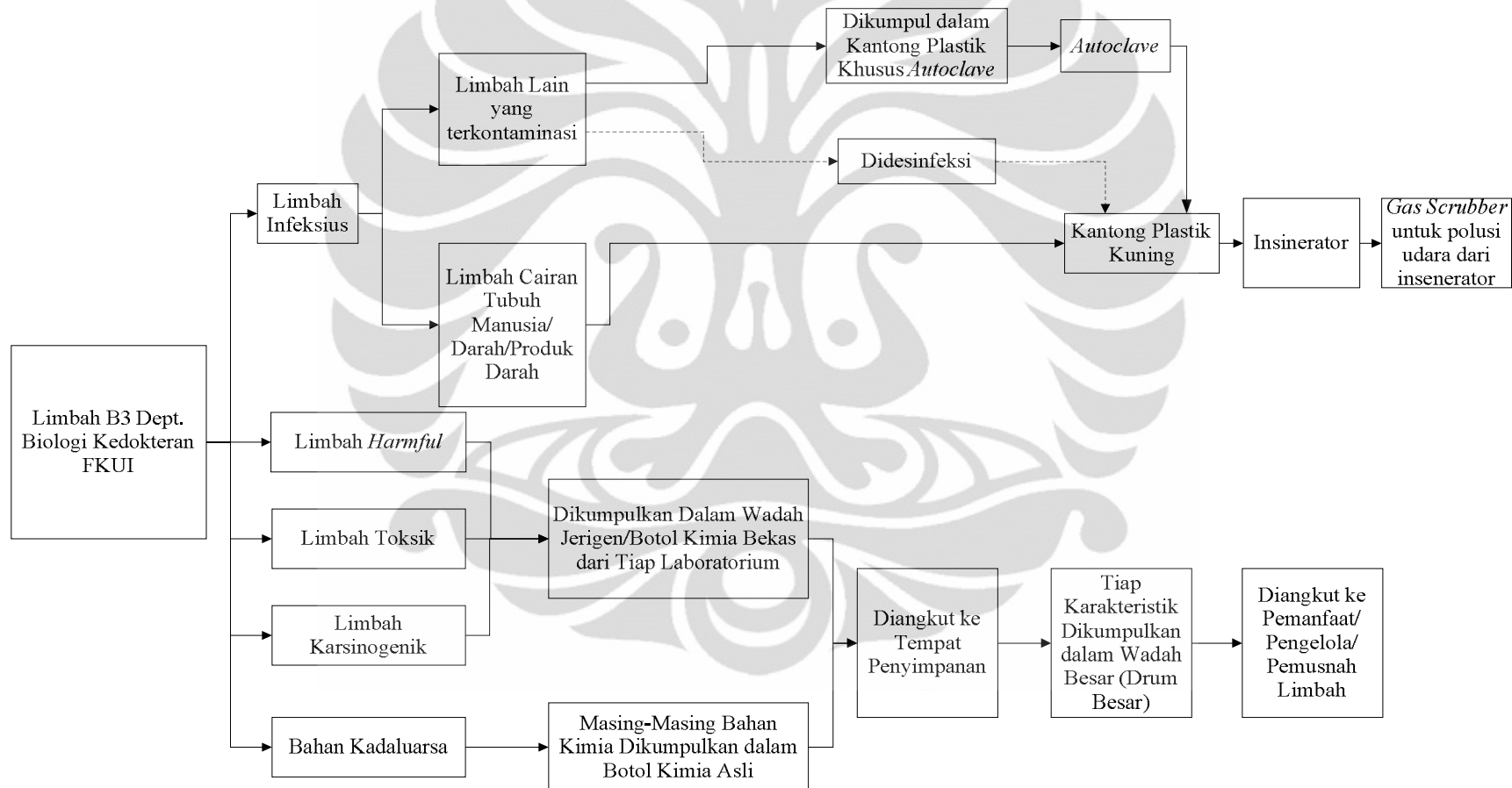
Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Kimia Kedokteran



Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011

Diagram Alir Usulan Pengelolaan Limbah Cair B3 Departemen Biologi Kedokteran



Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2011